БИБЛІОТЕКА Я. И. ВЕЙНБЕРГЪ

ПОГАШЕНО

Всесоюзная БИБЛИОТЕКА имени В. И. ЛЕНИНА

СТАРОЕ И НОВОЕ О НѢКОТОРЫХЪ ПРОСТѢЙШИХЪ ФИЗИЧЕСКИХЪ ЯВЛЕНІЯХЪ.

ДАВЛЕНІЕ ВОЗДУХА.

Глава первая.

Старое.

I.

Въ курсахъ и трактатахъ физики, не только краткихъ, но и обширныхъ, можно замѣтить почти пренебрежительное, и во всякомъ случаѣ крайне невнимательное отношеніе къ исторіи этой науки. Послѣдствіемъ является пренебреженіе, въ погонѣ за новизною, къ вопросамъ, которые по элементарности своей кажутся исчерпанными, общеизвѣстными, утратившими интересъ, какой имѣли въ своемъ прошломъ. Это, по мнѣнію моему, большой недостатокъ, вліяющій и на общее образованіе учащихся поколѣній, и тѣмъ болѣе на образованіе молодыхъ людей, изъ которыхъ должны выработаться будущіе физики. Цѣль, къ которой стремится каждый изслѣдователь, есть открытіе—въ области-ли фактовъ или въ области теоріи и системы—чего-либо новаго, оставшагося неизвѣстнымъ предшественникамъ. Но научить дѣлать открытія нельзя. Открытія достигаются разнообразными путями и для нихъ нѣтъ предуставленной логики. И однако логика эта есть: она вся въ ихъ исторіи. И ничто такъ не поучительно въ исканіи новыхъ умозаключеній, какъ близкое знакомство съ умозаключеніями прошедшаго, чрезъ которыя создался научный капиталъ нынѣ находящійся въ обладаніи человѣчества. Знаменитый академикъ Беръ, въ своей автобіографіи, указавъ на то обстоятельство, что геніальныя способности великихъ ученыхъ обыкновенно обнаруживаются уже въ молодости—около 25 лѣтъ,—замѣчаетъ вмѣстѣ съ

тѣмъ, что геніальность эта выражается главнымъ образомъ въ проницательной способности усмотрѣть лакуны, пробѣлы въ наукѣ, которыя надлежитъ и можно пополнить новыми изысканіями. Но именно чрезъ историческое знаніе движенія науки, болѣе чѣмъ чрезъ что-либо достигается ширина воззрѣнія, дозволяющая усматривать рѣшенное и не рѣшенное, возбужденное, задуманное, оставленное. Историческое знаніе освобождаетъ отъ рутины заучиванія на память и отъ близорукаго пониманія, помощью которыхъ главнымъ образомъ усвояется догматическое изложеніе положеній науки въ нынѣшнемъ ея состояніи, и чрезъ которыя пораждается некритическое отношеніе къ дѣлу. И рутина памяти, то-есть заучиваніе чрезъ простое повтореніе, и уразумѣніе дѣла на ближнемъ разстояніи необходимы; но ограничить себя ихъ стѣною значитъ отказаться отъ производительности творческаго размышленія. А переходя чрезъ нее, не зная прошлаго, можно открыть Америку, не догадываясь, что она открыта.

Что касается общаго естественно-историческаго образованія, то здѣсь пренебреженіе исторіей ведетъ къ результату который можно назвать печальнымъ. Чрезъ умъ учащагося не проводятся величайшія умозаключенія, доставившія богатства современнаго знанія. Воспитательная для ума сила естествововѣдѣнія, заключающаяся въ школѣ опыта (школа эта въ смыслѣ экспериментальныхъ методическихъ занятій самихъ учащихся находится едва въ зародышѣ), логикѣ открытій и логикѣ доказательствъ остается безъ примѣненія. Укажу рѣзкій примѣръ. Всеобщее тяготѣніе Ньютона есть величайшее изъ открытій. Гдѣ же у насъ учащійся знакомится съ тѣми посылками, чрезъ которыя ученіе это достигнуто и безъ знанія которыхъ нельзя и уразумѣть научнаго значенія ньютоніанскаго притяженія въ смыслѣ дѣйствія на разстоянія, составляющаго основу всей нынѣшней механики природы. Въ гимназическое преподаваніе физики оно обыкновенно не вводится. Въ курсѣ космографіи, на которую едва отдѣлялся до послѣдняго времени одинъ урокъ въ полугодіе въ послѣднемъ классѣ, о немъ упоминается почти мимоходомъ. Въ университетскомъ курсѣ на отдѣленіи естественныхъ наукъ астрономія не преподается. Такимъ образомъ, возможно, что молодой естествоиспытатель, можетъ быть геологъ,—не говоря уже о медикѣ—окончитъ университетскій курсъ, если самъ не пополнитъ пробѣла, со свѣдѣніями о строеніи вселенной мало превышающими свѣдѣнія гимназиста второго класса, выучившаго начатки географіи. Даже въ курсахъ астрономіи на математическомъ отдѣленіи иногда законъ Ньютона принимается какъ извѣстный изъ физики и не выводится. Такъ поступлено, напримѣръ, въ довольно обширномъ курсѣ астрономіи, изданномъ однимъ изъ провинціальныхъ профессоровъ этой науки. Въ умѣ учащагося воздвигается зданіе не имѣющее фундамента.

Въ послѣднее время пренебреженіе къ исторіи науки начинаетъ, впрочемъ, уменьшаться. Въ Германіи вышло нѣсколько почтенныхъ трактатовъ по исторіи физики; появляются въ переводѣ. изданія, „классиковъ естествовѣдѣнія, какъ напримѣръ, нѣкоторыя сочиненія Галилея. Мимоходомъ позволю себѣ замѣтить, что уже двадцать лѣтъ тому назадъ, при составленіи моего курса физики, я имѣлъ въ виду дать надлежащее мѣсто историческому элементу въ учебномъ изложеніи науки. Трудъ мой не нашелъ оцѣнки, или, если и нашелъ, то развѣ между учащимися—кому изъ нихъ случалось имѣть его въ рукахъ,—находившими способъ изложенія легко понимаемымъ и интереснымъ.

Тѣсно связанное съ пренебреженіемъ исторіи недостаточное вниманіе къ изложенію элементарныхъ частей, какъ общеизвѣстныхъ, не довольно возбуждающихъ интересъ въ излагающемъ, въ свою очередь, важный недостатокъ. Въ томъ, что представляется повидимому, исчерпаннымъ и слишкомъ извѣстнымъ, нерѣдко обнаруживаются стороны неожиданныя, ставящія въ новомъ свѣтѣ то что казалось переизвѣстнымъ. Элементарныя части суть основа науки. Для начинающаго они—неоткрытая еще Америка. Его умъ долженъ внимательно и долго останавливаться на элементахъ, чтобы ихъ дѣйствительно усвоить себѣ. Если перескочить чрезъ нихъ, то все знаніе будетъ неосновательное. Самое трудное дѣло не развитіе доказательствъ, а уразумѣніе сути дѣла, усвоеніе началъ. Вообще, убійственный способъ составленія учебниковъ чрезъ переписку рутинныхъ вещей и перефразировку трехъ, четырехъ новыхъ книжекъ въ ту форму, въ какой содержаніе ихъ уложилось въ головѣ составителя, безъ всякой связи съ первоисточниками, главнымъ образомъ происходитъ отъ незнакомства съ исторіею науки, лишающаго составителей ширины и свободы воззрѣнія. Относительно рутинной переписки припомню указанную мною въ семидесятыхъ годахъ грубую ошибку въ ученіи о галилеевой трубкѣ, возникшую изъ перевиранія одного изъ положеній Ламберта (опредѣлявшаго поле зрѣнія трубки подъ условіемъ одинакой яркости при зрѣніи чрезъ трубку и простымъ глазомъ. Nouv. Mém. de L'Acad. de Berlin, 1771) и сто лѣтъ переходившую изъ книги въ книгу.

II.

Пренебреженіе къ исторіи въ вопросѣ, составляющемъ предметъ настоящей статьи, выразилось весьма оригинальнымъ образомъ. Тогда какъ обыкновенно историческія свѣдѣнія опускаются, главу объ атмосферномъ давленіи, какъ исключеніе, принято было излагать исторически. Весьма обычно начинать разсказомъ о флорентійскомъ насосѣ, показанномъ Галилею, и приводить опытъ Торричелли, какъ наиболѣе элементарное доказательство давленія атмосфернаго воздуха. Но тутъ уже исторія наказала за испытываемое ею пренебреженіе. Уступленная ей глава оказалась именно тою, гдѣ историческое изложеніе наименѣе пригодно для яснаго усвоенія предмета, такъ какъ исторія въ этомъ вопросѣ шла весьма не прямымъ путемъ, и опытъ Торричелли, который долженъ быть элементарно доказательнымъ для учениковъ, ученымъ его времени вовсе не представлялся, какъ доказывающій давленіе воздуха. Въ новыхъ руководствахъ обыкновенно предпочитаютъ главу о давленіи воздуха начинать съ болѣе наглядныхъ опытовъ, какъ прорываніе пузыря, магдебургскія полушарія и т. п., требующихъ для производства своего воздушнаго насоса. Тутъ свое неудобство: воздушный насосъ еще неизвѣстенъ учащемуся, такъ какъ не былъ и не могъ еще быть объясненъ. Какъ можно устранить это неудобство, увидимъ ниже, а теперь перейдемъ къ указанію неточностей въ историческомъ изложеніи ученія о давленіи воздуха.

Въ классическомъ сочиненіи Біо „Traité de physique expérimentale et mathématique“ (1816, T. I, 69) читаемъ: „Однажды флорентинскіе колодезники, построивъ очень длинный насосъ съ намѣреніемъ поднять воду на болѣе значительную высоту, чѣмъ какъ дѣлалось прежде, замѣтили, что вода поднялась въ насосѣ на высоту около 32-хъ футовъ, но рѣшительно не хотѣла подняться выше, сколько бы ни продолжали качать. Удивленные этимъ обстоятельствомъ, они пошли посовѣтоваться къ Галилею, который сказалъ имъ, подсмѣиваясь надъ ними (en se moquant d'eux), что, повидимому, природа боится пустоты только до высоты 32 футовъ! Философъ уже усматривалъ, что это явленіе, какъ и подобныя ему, было простымъ механическимъ послѣдствіемъ тяжести воздуха. Но вѣроятно онъ не установилъ еще своихъ идей о столь новомъ тогда предметѣ и предпочелъ спасовать предъ колодезниками, чѣмъ рискнуть сообщить свой секретъ. Онъ и умеръ, не сдѣлавъ его извѣстнымъ“.

Пулье въ своемъ курсѣ физики (7-me ed. Paris 1856, I, III), разсказавъ случай съ флорентинскимъ насосомъ, замѣчаетъ: „въ ту эпоху поднятіе жидкости объясняли тѣмъ, что природа боится пустоты и толкаетъ жидкость, чтобы таковую пополнить. Но объясненіе помощью тайныхъ причинъ (causes occultes) не было изъ такихъ, какими могъ бы удовлетвориться Галилей: какъ только онъ узналъ о фактѣ, замѣченномъ колодезниками, онъ предположилъ, что истинная его причина есть тяжесть воздуха“. Все это исторически не точно. Галилей объяснялъ явленіе поднятія жидкости въ насосъ не тяжестью воздуха (хотя изъ опыта зналъ, что воздухъ имѣетъ вѣсъ), а боязнью пустоты и вовсе не въ шутку считалъ боязнь эту силою, имѣющею опредѣленный предѣлъ. Разсказъ о случаѣ съ насосомъ переданъ самимъ Галилеемъ въ „Разговорахъ о механическихъ ученіяхъ“. Вотъ что говоритъ, въ первый день Разговоровъ одинъ изъ собесѣдниковъ [1]).

„*Сагредо*. Я радъ, что бесѣда наша позволяетъ мнѣ найти причину одного явленія, которое долгое время казалось мнѣ чудеснымъ и необъяснимымъ. Я видѣлъ разъ цистерну, въ которой, чтобы доставать изъ нея воду, поставили насосъ, думая, но напрасно, съ меньшимъ трудомъ подымать то же или большее количество воды чѣмъ обыкновенными ведрами. Насосъ этотъ имѣлъ свой поршень и клапанъ сверху, такъ что вода подымалась притяженіемъ (всасываніемъ), а не нагнетаніемъ, какъ бываетъ въ насосахъ, у которыхъ приборъ снизу [2]). Насосъ, пока вода въ цистернѣ стояла на опредѣленной высотѣ, тянулъ ее обильно; но когда вода опускалась ниже извѣстнаго предѣла—не дѣйствовалъ болѣе. Я подумалъ, когда въ первый разъ увидѣлъ такой случай, что механизмъ былъ испорченъ и когда нашелъ мастера, чтобъ его исправить, то онъ сказалъ мнѣ, что тутъ нѣтъ никакого недостатка, и причина въ водѣ, которая, опустившись слишкомъ низко, не выносила поднятія на такую высоту; и онъ

[1]) „Discorsi e demonstrazioni matemathice intorno e due nuove scienze“. Въ 1890 году вышелъ нѣмецкій переводъ „Разговоровъ“, сдѣланный проф. Эттингенъ въ изданіи: „Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften“.

[2]) Заслуживаетъ вниманія это указаніе Галилея. У насъ, какъ и всюду, въ учебникахъ физики трактуется о насосѣ Галилея. Но не задается вопроса какое было устройство этого насоса. Естественно, что учащійся представляетъ себѣ этотъ инструментъ въ той формѣ какъ насосъ употребляется въ нашихъ колодцахъ. Но наши насосы изъ глубокихъ колодцевъ нерѣдко подымаютъ воду выше 28 дюймовъ. Что же значитъ, что насосамъ нельзя поднять воду выше этого предѣла? Наши насосы изъ высокаго древеснаго ствола съ длиннымъ поршнемъ и примитивными кожанами клапами нигдѣ, кажется, даже и не описаны.

прибавилъ мнѣ, что ни насосами, ни иною какою машиной, которая бы подымала воду притяженіемъ, не возможно заставить ее подняться ни на волосъ болѣе 18 приблизительно локтей (около 10 метровъ). Будетъ ли наносъ широкій или узкій — это во всякомъ случаѣ предѣлъ высоты".

„До сихъ поръ я не догадывался, что, подобно тому какъ веревка, деревянный шестъ или жестяный прутъ, будучи болѣе и болѣе удлиняемы, могутъ быть доведены до такой длины, что наконецъ ихъ разорветъ собственный ихъ вѣсъ, съ еще большею легкостью тоже можетъ случиться со столбомъ воды. Ибо, что иное притягивается въ насосѣ, какъ ни цилиндръ воды, который имѣетъ прикрѣпленіе сверху и, удлиняясь болѣе и болѣе, наконецъ доходитъ до того предѣла, далѣе котораго уже разрывается своимъ вѣсомъ, какъ если бы то была веревка?".

Чрезъ нѣсколько лѣтъ („Разговоры" появились въ 1638 году, опытъ Торричелли сдѣланъ въ 1643 г.) Торричелли придумалъ свой опытъ надъ поднятіемъ въ трубкѣ ртути вмѣсто воды. И замѣчательная вещь! Экспериментальныя средства и привычка къ опытамъ были такъ мало распространены въ ту эпоху, что задумавъ опытъ, для существленія котораго такъ немного требуется: стеклянная трубка, чашка и нѣсколько ртути, Торричелли самъ его не исполнилъ, а какъ сказано въ предисловіи къ его чтеніямъ Lezioni academiche, Florence, 1715). „Сообщилъ свои соображенія Винченцо Вивіани, который и былъ первый кто сдѣлалъ этотъ важный опытъ и могъ ясно видѣть удивительное явленіе, предсказанное Торричелли"; самъ Торричелли понималъ истинную причину явленія. Въ іюнѣ 1644 года онъ писалъ своему другу и ученику Риччи въ Римъ: „Я разсуждаю такъ: если я усматриваю явную причину сопротивленія испытываемаго, когда хочу сдѣлать пустоту, то безполезно, кажется мнѣ, приписывать пустотѣ дѣйствіе, очевидно происходящее отъ иной причины. Сдѣлавъ нѣкоторыя весьма не трудныя вычисленія, я нахожу, что причина, о которой говорю, а именно вѣсъ воздуха долженъ одинъ произвести больше дѣйствія, чѣмъ какое испытываемъ, стремясь произвести пустоту". Въ томъ же письмѣ Торричелли описываетъ опытъ, забываемый въ курсахъ физики, но имѣющій существенное значеніе. (Я не повиненъ: въ моемъ курсѣ опытъ приведенъ). Чашку, куда опущена барометрическая трубка, Торричелли наполнялъ поверхъ ртути водою и трубку мало по малу подымалъ. Когда отверстіе трубки достигало воды, ртуть опускалась и вода стремительно наполняла трубку

всю, не оставляя вверху пустоты. Риччи, отвѣчая на письмо Торричелли, признавалъ, что опытъ побѣдоносно доказываетъ возможность пустоты въ природѣ, но принять объясненіе Торричелли не рѣшался, усматривая разныя трудности. Если закрыть чашку крышкою, ртуть не понижается въ трубкѣ, хотя надъ ртутью нѣтъ колонны воздуха, которая бы давила своимъ вѣсомъ. Если, закрывъ отверстіе ручнаго насоса (seringue), тянутъ поршень, то будетъ одинаково трудно какъ бы ни помѣстить насосъ: идетъ ли поршень кверху, имѣя надъ собою колонну воздуха, или идетъ книзу, когда такой колонны нѣтъ. Эти возраженія Риччи указываютъ, что представленія объ упругости воздуха и о распространеніи давленія у него не было. Такъ было не съ однимъ Риччи. Вообще представленіе давленія воздуха въ видѣ груза, сверху лежащаго и давящаго внизъ чрезвычайно препятствовало правильному воззрѣнію на атмосферное давленіе. Нерѣдко и нынѣ представленіе это не достаточно разъясняется учащимся.

III.

Въ 1644 году отецъ Мерсеннъ (монахъ францисканскаго ордена) получилъ въ Парижѣ письмо изъ Италіи, въ которомъ былъ описанъ опытъ Торричелли безъ наименованія автора, „такъ что намъ,—говоритъ Паскаль въ письмѣ, отъ 12-го іюля 1651 года, къ де-Рибейръ (de Ribeyre) первому президенту суда въ Клермонъ-Ферранѣ,—осталось неизвѣстнымъ кѣмъ опытъ былъ произведенъ. Отецъ Мерсеннъ пробовалъ повторить его въ Парижѣ; но опытъ не совсѣмъ удался, и онъ болѣе о немъ не думалъ. Потомъ, бывши для другихъ дѣлъ въ Римѣ, онъ ближе узналъ какъ надо дѣлать опытъ и вернулся вполнѣ съ нимъ ознакомленный".

„До насъ въ Руанъ гдѣ я тогда былъ, продолжаетъ Паскаль, извѣстія эти дошли въ 1646 году. Мы сдѣлали опытъ, онъ очень хорошо удался. Я повторялъ его много разъ и убѣдившись въ вѣрности, сталъ выводить слѣдствія. Для оправданія ихъ сдѣлалъ новые опыты, весьма отличные отъ опыта Торричелли, въ присутствіи пятисотъ человѣкъ разнаго званія, между которыми было пять или шесть отцевъ іезуитовъ изъ Коллежа въ Руанѣ. Слухъ о моихъ опытахъ распространился въ Парижѣ. Ихъ стали смѣшивать съ италіанскими опытами и въ смѣшеніи этомъ одни, дѣлая мнѣ болѣе чести чѣмъ заслужилъ, приписывали мнѣ и италіанскій опытъ; другіе же, съ противоположной несправедливостью отнимали у меня и тѣ опыты, ко-

торые я сдѣлалъ; чтобы воздать должное и другимъ и себѣ, я въ 1647 году напечаталъ о моихъ опытахъ".

Описаніе въ формѣ небольшой брошюры было озаглавлено „Новые опыты касательно пустоты" („Nouvelles expériences touchant le vide"). Описавъ, въ обращеніи къ читателю, италіанскій опытъ, Паскаль излагаетъ восемь сдѣланныхъ имъ опытовъ. Два главнѣйшихъ были сдѣланы съ длинною стеклянною трубкою въ 46 фунтовъ длины, представлявшею собою водяной барометръ, и съ сифономъ большихъ размѣровъ, котораго длинное колѣно было въ 50, а короткое въ 45 футовъ. Такой сифонъ, „вопреки въ теченіе столькихъ вѣковъ всѣми принятому мнѣнію" не переливалъ воды.

Несмотря на всю наглядность опытовъ, у Паскаля въ первомъ сочиненіи этомъ рѣчи нѣтъ о давленіи или тяжести воздуха. Весь интересъ сосредоточенъ на томъ, что опыты эти служатъ доказательствомъ возможности пустоты въ природѣ и того, что боязнь пустоты въ природѣ имѣетъ предѣлъ. Мы упоминали выше, что та же мысль была у Галилея, когда онъ узналъ объ опытѣ съ длиннымъ насосомъ. Такъ далеки еще были великіе умы вѣка отъ идеи о давленіи воздуха.

IV.

Горячимъ противникомъ первыхъ изслѣдованій Паскаля выступилъ ученый іезуитъ отецъ Ноель въ духѣ отходившей уже эпохи, когда въ наукѣ, даже въ области естествознанія, все сводилось главнымъ образомъ къ словопреніямъ въ писаніяхъ и диспутахъ. Отецъ Ноель обѣщалъ выставить свидѣтелей противъ свидѣтелей, то есть—замѣчаетъ Паскаль—„опыты противъ опытовъ", но никакихъ опытовъ онъ и не повторялъ, ни вновь не дѣлалъ. Все сводится къ игрѣ соображеній, которымъ нельзя отказать въ тонкости и остроуміи. Послѣднее слово осталось за отцемъ Ноелемъ. „Всѣ споры такого рода, писалъ Паскаль къ Лепальеру (M. Le Pailleur)—могутъ длиться въ безконечность, если кто либо самъ не прерветъ... Возрастъ, заслуги, положеніе отца Ноеля побудили меня уступить ему послѣднее слово". Эпизодъ о спорѣ отца Ноеля съ Паскалемъ разсказанъ нами много лѣтъ тому назадъ въ рѣчи „Въ чемъ духъ естествовѣдѣнія" (произнесенной 12-го января 1867 года на актѣ въ Московскомъ университетѣ). Приведемъ этотъ разсказъ.

Ученый противникъ Паскаля не отрицалъ его опытовъ. Онъ даже *прочелъ* ихъ съ удовольствіемъ: j'ai lu vos *Expériences touchant le vide*,

que j'estime fort belles et ingénieuses", пишетъ онъ къ Паскалю. Но его интересуютъ не самые опыты: ему и въ мысль не входитъ предаться, какъ предался Паскаль, изслѣдованію новой области явленій и разрѣшенію возбуждаемыхъ ими вопросовъ. Для опытовъ настоящихъ и будущихъ у него всегда готово объясненіе. Но вопросъ, въ которомъ онъ чувствуетъ себя дома, есть вопросъ о томъ, возможна ли пустота въ природѣ. Онъ беретъ на себя защитить природу отъ пустоты, и послѣ обмѣна письемъ съ Паскалемъ, излагаетъ свои возраженія въ возможно изящной формѣ въ брошюрѣ *Наполненная пустота* („Le Plein du Vide"), посвященной принцу Конти, которую онъ съ ловкостью куртизана, начинаетъ такимъ образомъ: „Природа нынѣ обвиняется въ пустотѣ, и я предпринимаю защитить ее отъ этого обвиненія въ присутствіи вашего высочества; ее въ этомъ подозрѣвали и прежде, но никто не имѣлъ дерзости отъ подозрѣній перейти къ дѣлу и поставить ее на очную ставку съ чувствами и опытомъ. Я докажу ея невинность и выведу на свѣтъ какъ ложность взводимыхъ на нее обвиненій, такъ и клеветы выставляемыхъ противъ нея свидѣтелей. Еслибъ она всѣмъ была извѣстна, какъ извѣстна вашему высочеству, которому она открыла всѣ свои секреты, ее никто не рѣшился бы обвинять, и поостереглись бы начинать противъ нея процессъ на основаніи ложныхъ показаній и плохихъ опытовъ. Смѣю надѣяться, ваше высочество не оставите безъ наказанія эти клеветы. И если для полнѣйшаго оправданія природы необходимо, чтобъ она доставила опытъ и выставила свидѣтеля противъ свидѣтеля, то, вспомнивъ, что умъ вашего высочества наполняетъ всѣ ея части и проникаетъ предметы міра наиболѣе скрытые и темные, никто, принцъ, не осмѣлится утверждать, по отношенію, по крайней мѣрѣ, къ вашему высочеству, чтобъ была пустота въ природѣ".

Отецъ Ноель не признавалъ, чтобы пространство вверху барометрической трубки было дѣйствительно пустымъ. „Я не понимаю вашей *кажущейся пустоты* (vide apparent) въ трубкѣ послѣ пониженія ртути или воды, пишетъ онъ къ Паскалю. Я утверждаю, что эта кажущаяся пустота есть тѣло, ибо она дѣйствуетъ какъ тѣло, пропуская свѣтъ съ преломленіемъ и отраженіемъ и замедляя движеніе тѣлъ какъ можно замѣтить при движеніи ртути, когда трубка, наполненная этою пустотой, бываетъ опрокинута. Ртуть, слѣдовательно, замѣщается другимъ тѣломъ. Какимъ, сейчасъ увидимъ". Воздухъ по ученію отца Ноеля, состоитъ изъ двухъ частей: одной болѣе грубой, другой болѣе тонкой, способной проходить чрезъ поры тѣлъ. Когда

ртуть опускается въ трубкѣ, то этотъ тонкій воздухъ входитъ чрезъ малыя поры стекла, принуждаемый къ такому отдѣленію отъ болѣе грубаго элемента тяжестью ртути опускающейся въ трубкѣ и тянущей за собою тонкій воздухъ наполняющій поры стекла; а этотъ тянетъ за собою сосѣдній, пока не наполнится пространство оставленное ртутью. Но опускающаяся ртуть въ состояніи вытянуть изъ воздуха тонкій элементъ лишь до извѣстнаго предѣла, послѣ котораго ртуть перестаетъ опускаться, не будучи въ состояніи увлекать далѣе тонкій элементъ, удерживаемый въ свою очередь окружающимъ внѣшнимъ воздухомъ, съ которымъ находится въ сообщеніи чрезъ поры. Впрочемъ въ другихъ мѣстахъ своихъ писаній отецъ Ноель тотъ же вопросъ о пониженіи ртути до извѣстнаго предѣла объясняетъ нѣсколько иначе, ссылаясь и на боязнь пустоты, и на стремленіе эѳира подниматься вверхъ, и даже отчасти на тяжесть воздуха. Паскаль, съ своей стороны, утверждалъ напротивъ, что пространство вверху барометра „не наполнено никакимъ веществомъ извѣстнымъ въ природѣ и подлежащимъ нашимъ чувствамъ“, а самое восхожденіе ртути объяснялъ боязнью пустоты (мы говоримъ о первомъ сочиненіи, представлявшемъ собою канву задуманнаго большаго трактата).

Сравнивая обѣ теоріи, нельзя не сказать, что обѣ ложны. Съ одной стороны, объясненія Ноеля могутъ показаться даже имѣющими преимущество: пространство вверху барометра дѣйствительно не можетъ считаться абсолютною пустотой, особенно въ случаѣ водянаго барометра, кажущаяся пустота котораго наполнена, очевидно, водянымъ паромъ. Но вглядѣвшись ближе, не трудно усмотрѣть капитальную разницу между пріемами двухъ ученыхъ, даже по отношенію къ теоріи. Паскаль разсуждаетъ на основаніи опытовъ имъ самимъ произведенныхъ и изученныхъ. Его вниманіе останавливается естественно на главной особенности этихъ опытовъ: на образованіи безвоздушнаго пространства съ его свойствами, того безвоздушнаго пространства, которое скоро, будучи образовано болѣе удобнымъ способомъ, сдѣлалось предметомъ изслѣдованія Бойля и другихъ. Не замѣчая въ этомъ пространствѣ явленій, свидѣтельствующихъ о присутствіи извѣстныхъ намъ формъ вещества, Паскаль не затрудняется признать его пустымъ и упрекаетъ своего противника въ томъ, что тотъ на опыты отвѣчаетъ предположеніями. „Вы приписываете все веществу, котораго не только качества, но и самое существованіе *предполагаете*... Такимъ путемъ можно разрѣшить какія угодно трудности. Приливъ моря, притяженіе магнита легко объясняются, если

дозволено будетъ нарочно придумывать вещества и свойства“. Разсужденія ученаго іезуита, стремящагося не къ тому чтобъ изучать явленіе, а чтобы показать, что явленіе не представляетъ для него ничего непонятнаго, и онъ легко можетъ объяснить его, основываются не на опытахъ, какъ они происходятъ въ дѣйствительности, а на томъ представленіи какое составилось въ его головѣ на основаніи Паскалева же описанія. Это видно изъ всего изложенія отца Ноеля и доказано Паскалемъ. Паскаль, описывая опытъ съ стеклянною трубкой, имѣющею внутри поршень и погруженною въ воду, причемъ конецъ ея закрытъ пальцемъ, говоритъ, что выдвигая поршень, онъ чувствуетъ вначалѣ какъ палецъ его втягивается; „если выдвигать поршень дальше, то пустое пространство увеличивается, но палецъ чувствуетъ не болѣе втягиванія какъ прежде (n'en sent pas plus d'attraction)“. Ученый противникъ его, понявъ послѣднія слова въ смыслѣ „перестанетъ чувствовать втягиваніе“ (n'en sent plus aucune attraction), при изложеніи этого опыта, — который онъ описываетъ какъ очевидецъ,—подробно объясняетъ, почему въ началѣ движенія поршня палецъ чувствуетъ втягиваніе, а потомъ это ощущеніе совсѣмъ прекращается. Очевидно, ученый истолкователь явленія нашелъ-бы надлежащее объясненіе и въ томъ случаѣ еслибы понялъ описаніе Паскаля въ иномъ какомъ-либо смыслѣ, хотя-бы въ настоящемъ.

По поводу исторіи барометрическихъ опытовъ Паскаля, мы можемъ припомнить еще одинъ куріозный эпизодъ. Въ іюнѣ 1651 года въ монферранской іезуитской коллегіи происходилъ публичный диспутъ. Диспутантъ въ числѣ своихъ тезисовъ поставилъ слѣдующій; „Есть нѣкоторые любители новизны, которые хотятъ выдать себя за изобрѣтателей извѣстнаго опыта, принадлежащаго Торричелли, сдѣланнаго также въ Польшѣ; несмотря на то, эти лица, желая присвоить себѣ этотъ опытъ, опубликовали его въ Оверни, произведя въ Нормандіи“. Намекъ на Паскаля былъ слишкомъ прозраченъ и побудилъ его писать къ президенту палаты въ Клермонъ-Ферранѣ и просить объясненія. Оказалось, что наставникъ диспутанта имѣлъ въ виду возбудить споръ съ цѣлью изложить опыты, которые онъ задумалъ, изобразилъ на доскѣ, выставивъ доску на видномъ мѣстѣ, и которые предназначались въ его воображеніи къ уничтоженію опытовъ Паскаля. „Но онъ ошибся, пишетъ президентъ де-Рибейра,... случилось, что никто не коснулся этого предмета, и ему пришлось сохранить приготовленный зарядъ до другаго раза“. Нельзя не согласиться,

что и ученый противникъ Паскаля. объясняющій подробно опыты, которыхъ не дѣлалъ и не видалъ, и догадливый руководитель диспута, заготовившій опыты на доскѣ—любопытные типы эпохи.

Замѣчательно, что въ длинныхъ разсужденіяхъ своихъ отецъ Ноель—самостоятельно или нѣтъ, онъ не упоминаетъ—попадаетъ на вѣрную мысль объяснить опытъ Торричелли тяжестью воздуха. Во второмъ письмѣ къ Паскалю онъ указываетъ, что тонкій воздухъ, по его мнѣнію присутствующій въ кажущейся пустотѣ барометрической трубки, по самой тонкости своей не оказываетъ давленія на ртуть, тогда какъ воздухъ лежащій на поверхности ртути въ чашкѣ, тяжестью своей давить на ртуть и заставляетъ ее держаться въ трубкѣ на барометрической высотѣ [1]).

Паскаль въ это время и самъ уже раздѣлялъ эту мысль. „Я восхищенъ, пишетъ онъ къ Ле-Пальеру, — что отецъ Ноель вошелъ въ идею людей, изслѣдовавшихъ опытъ съ наибольшею проницательностью; ибо вамъ извѣстно, что письмо великаго Торричелли къ сеньору Риччи, писанное болѣе четырехъ лѣтъ тому назадъ, показываетъ что онъ имѣлъ именно эту мысль, къ которой болѣе и болѣе склоняются и всѣ наши ученые. Ждемъ однако удостовѣренія отъ опыта, который скоро долженъ быть сдѣланъ на одной изъ нашихъ высокихъ горъ. Не надѣюсь, впрочемъ, получить извѣстіе ранѣе какъ чрезъ нѣкоторое время. На письма, которыя я писалъ болѣе шести мѣсяцевъ тому назадъ, мнѣ все отвѣчали, что снѣгъ дѣлаетъ вершины горъ недоступными“.

Опытъ со внесеніемъ барометра на гору, (въ сентябрѣ 1648 года), доказавшій что давленіе воздуха уменьшается по мѣрѣ того какъ съ удаленіемъ отъ земли уменьшается вышележащій, давящій своимъ вѣсомъ слой воздуха, представлялся Паскалю какъ опытъ, рѣшающій вопросъ (experimentum crucis, по терминологіи Бэкона) и названъ, великимъ опытомъ равновѣсія жидкостей“ (grande expérience de l'équilibre des liqueurs).

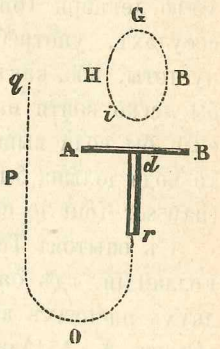
V.

Чтобы пополнить исторію открытія атмосфернаго давленія, скажемъ объ участіи въ этомъ вопросѣ Декарта.

Еще за двѣнадцать лѣтъ до опыта Торричелли Декартъ имѣлъ

[1]) „L'air qui couvre la surface du vif-argent dans le tube... ne pèse ni ne charge point ce vif-argent... mais celui qui est sur la surface de la cuvette pèse et la charge“.

представленіе о давленіи воздуха, происходящемъ отъ его вѣса [1]). Въ его письмѣ къ неизвѣстному лицу, отъ 2-го іюля 1631 года (*Oeuvr.*, VI, 204, онъ говоритъ: „Представьте себѣ, что воздухъ есть какъ бы масса шерсти или волоса, а эѳиръ въ его порахъ какъ-бы вихрь вѣтра, движущійся въ этой массѣ. Вѣтеръ этотъ препятствуетъ тому, чтобы частицы воздуха сильно давили однѣ на другія, какъ иначе было-бы, ибо частицы эти всѣ имѣютъ вѣсъ и давятъ однѣ на другія, на сколько движеніе эѳира это позволяетъ. Такимъ образомъ, шерсть, при землѣ лежащая, сдавлена всею тою шерстью, какая простирается надъ нею за предѣлы облаковъ. Оттого, еслибы требовалось поднять часть этой шерсти, находящуюся при точкѣ O, со всею тою, какая находится выше по линіи OPq, то потребовалась-бы значительная сила. Но тяжесть эта въ воздухѣ обыкновенно не чувствуется, когда его толкаютъ кверху, ибо когда мы поднимаемъ часть его гдѣ нибудь отъ точки i къ G, воздухъ, находящійся при G идетъ кругообразно по HGB и возвращается къ i: тяжесть не чувствуется, какъ не чувствуется тяжесть колеса, когда оно приводится во вращеніе, будучи хорошо уравновѣшено на своей оси. Но въ указываемомъ вами случаѣ, когда трубка, наполненная ртутью и закрытая при концѣ d, укрѣплена въ потолкѣ AB, ртуть изъ открытаго конца r, чтобы разомъ спуститься, должна перемѣстить шерсть отъ r къ O и ту, которая при O къ P и къ q, такъ, чтобы была поднята вся колонна OPq, а колонна эта въ совокупности своей весьма тяжела; шерсть-же, такъ какъ трубка сверху закрыта, не можетъ войти въ нее, чтобы занять мѣсто наполняющей ее ртути... Не должно впрочемъ думать, чтобы нельзя было никакою силою отдѣлить ртуть отъ вершины трубки при потолкѣ: сила эта должна равняться той, какая требуется, чтобы поднять соотвѣтствующую колонну воздуха, простирающуюся выше облаковъ“.



Въ письмѣ къ отцу Мерсенну (въ октябрѣ 1638 г.) о только что прочтенномъ сочиненіи Галилея, Декартъ пишетъ, что не согласенъ съ Галилеевымъ объясненіемъ того факта, что вода не можетъ быть поднята насосомъ выше извѣстной высоты и говоритъ: „явленіе это

[1]) Въ одномъ изъ писемъ Декарта находимъ указаніе способа опредѣленія вѣса воздуха. *Oeuvr. VII*, 567.

не можетъ быть приписано пустотѣ, а или матеріи насоса или самой водѣ скорѣе протекающей между насосомъ и трубкой, чѣмъ подняться выше, или наконецъ тяжести воды, уравновѣшивающей тяжесть воздуха (ne doit point se rapporter au vide, mais ou à la matière des pompes ou à celle de l'eau même qui s'écoule entre la pompe et le tuyau plutôt que de s'élever plus haut, ou même à la pesenteur de l'eau qui contrebalance celle de l'air)". (*Oeuvr. VII*, 436).

Тяжестью воздуха объяснялъ также Декартъ, почему вода не выливается изъ сосуда закрытаго сверху и имѣющаго внизу маленькія отверстія. „Вода, говоритъ онъ въ письмѣ къ отцу Мерсенну отъ 15-го декабря 1638 года (*Oeuvr. VIII*, 36), остается въ такого рода сосудахъ, употребляемыхъ въ садахъ для поливки, не отъ боязни пустоты, ибо, какъ вы очень хорошо говорите, тонкая матерія могла-бы легко войти на мѣсто воды, но по причинѣ тяжести воздуха. Ибо если бы вода вышла, а на мѣсто ея вошла только тонкая матерія, то вода должна бы была приподнять все тѣло воздуха до его предѣла (hausser tout le corps de l'air jusques à la plus haute superficie)".

Съ опытомъ Торричелли Декартъ ознакомился во время поѣздки изъ Голландіи, гдѣ онъ жилъ, во Францію, въ 1644 г. Впослѣдствіи въ двухъ письмахъ къ Каркави отъ 5-го іюня и 17-го августа 1649 года (*Oeuvr. X*, 351) онъ припоминаетъ о своей бесѣдѣ по поводу этого опыта съ Паскалемъ. Первое письмо писано, когда до Декарта дошелъ слухъ объ опытѣ Паскаля съ восхожденіемъ на гору. Онъ высказываетъ нѣкоторое неудовольствіе, что не получилъ отъ самого Паскаля извѣщенія объ удачѣ испытанія, мысль котораго онъ „подалъ два года тому назадъ". Каркави исполнилъ желаніе Декарта. „Очень благодарю, отвѣчаетъ Декартъ въ слѣдующемъ письмѣ (отъ 17-го августа), что вы потрудились сообщить мнѣ объ успѣхѣ опыта Паскаля касательно ртути менѣе высоко восходящей въ трубку, которая на горѣ, чѣмъ въ трубку, находящуюся внизу. Я имѣлъ нѣкоторый интересъ узнать объ этомъ, такъ какъ именно я, два года тому назадъ, просилъ его сдѣлать такой опытъ и завѣрялъ, что опытъ удастся, какъ вполнѣ согласный съ моими началами. Безъ этого онъ не подумалъ-бы о такомъ опытѣ, такъ какъ былъ противнаго со мною мнѣнія. Прошу васъ также въ виду присланнаго имъ ко мнѣ прежде небольшаго печатнаго описанія его первыхъ опытовъ, въ которомъ онъ обѣщалъ опровергнуть мою тонкую матерію—передать, когда его увидите, что я ожидаю его опроверженія и приму благожелательно, какъ всегда принимаю возраженія, сдѣланныябезъ клеветы (faites sans calomnie)".

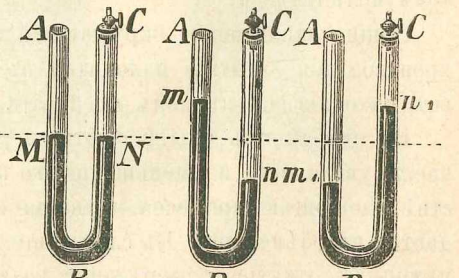
Паскаль ничѣмъ не отозвался на заявленіе Декарта. Противники Декарта обвинили его въ желаніи присвоивать чужія изобрѣтенія. Приведенное выше письмо 1631 года свидѣтельствуетъ, что Декартъ давно былъ въ кругѣ идей о тяжести и давленіи воздуха. Насколько ясно указалъ Декартъ въ бесѣдѣ съ Паскалемъ на разницу этого давленія вверху и внизу, нынѣ рѣшить, конечно, нельзя. Но уже обращеніе съ напоминаніемъ, чрезъ Каркави, къ самому Паскалю, свидѣтельствуетъ, что Декартъ убѣжденъ былъ въ своемъ правѣ на первую идею опыта.

Изобрѣтеніе воздушнаго насоса бургомистромъ города Магдебурга Отто фонъ-Герике, не жалѣвшимъ средствъ для производства опытовъ, и опыты съ новымъ снарядомъ какъ изобрѣтателя, такъ и англійскаго ученаго Бойля, ввели вопросъ о давленіи воздуха въ новую фазу. Воздушный насосъ далъ возможность обнаружить давленіе воздуха помощью самыхъ рѣзкихъ и неопровержимыхъ опытовъ. Изслѣдованіе упругости воздуха, въ связи съ ученіемъ Паскаля о распространеніи давленія въ жидкихъ и газообразныхъ тѣлахъ, уяснило значеніе упругости и вѣса воздуха въ явленіи атмосфернаго давленія и устранило неясное представленіе этого давленія на подобіе вѣса нѣкотораго груза лежащаго выше препятствія, на которое онъ дѣйствуетъ.

Глава вторая.

Новое.

Изложу то, что могу сообщить новаго, въ видѣ ряда опытовъ—отчасти новыхъ, отчасти дополненныхъ старыхъ,—въ томъ порядкѣ, какой кажется мнѣ наиболѣе естественнымъ при элементарномъ изложеніи ученія о давленіи воздуха.



Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3.

Опытъ I. Возмемъ двухколѣнную трубку *ABC* (фиг. 1) открытую съ обоихъ концовъ. Конецъ *C* снабженъ краномъ, который можно закрыть. Въ трубкѣ налита ртуть или иная какая либо жидкость, занимающая пространство *MBN*. Жидкость въ обоихъ колѣнахъ стоитъ на одной высотѣ. Чрезъ отверстіе крана *C* вдуемъ нѣсколько

воздуха въ пространство CN и закроемъ кранъ во время самаго вдуванія, когда уровень N достаточно понизится. Увидимъ, что жидкость въ закрытомъ колѣнѣ будетъ стоять ниже (фиг. 2) чѣмъ въ открытомъ колѣнѣ. Заключаемъ, что чрезъ вдыханіе новаго количества воздуха въ колѣно CD мы привели воздухъ въ пространствѣ Cn въ сжатое состояніе, вслѣдствіе чего онъ обнаружилъ давленіе на жидкость при N и заставилъ ее опуститься до n и въ то же время подняться въ другомъ колѣнѣ до m Высота колонны жидкости отъ уровня n до уровня m измѣряетъ произведенное сжатіе. Если откроемъ кранъ при C, избытокъ воздуха выйдетъ, сжатіе прекратится и жидкость вернется къ прежнему уровню MN.

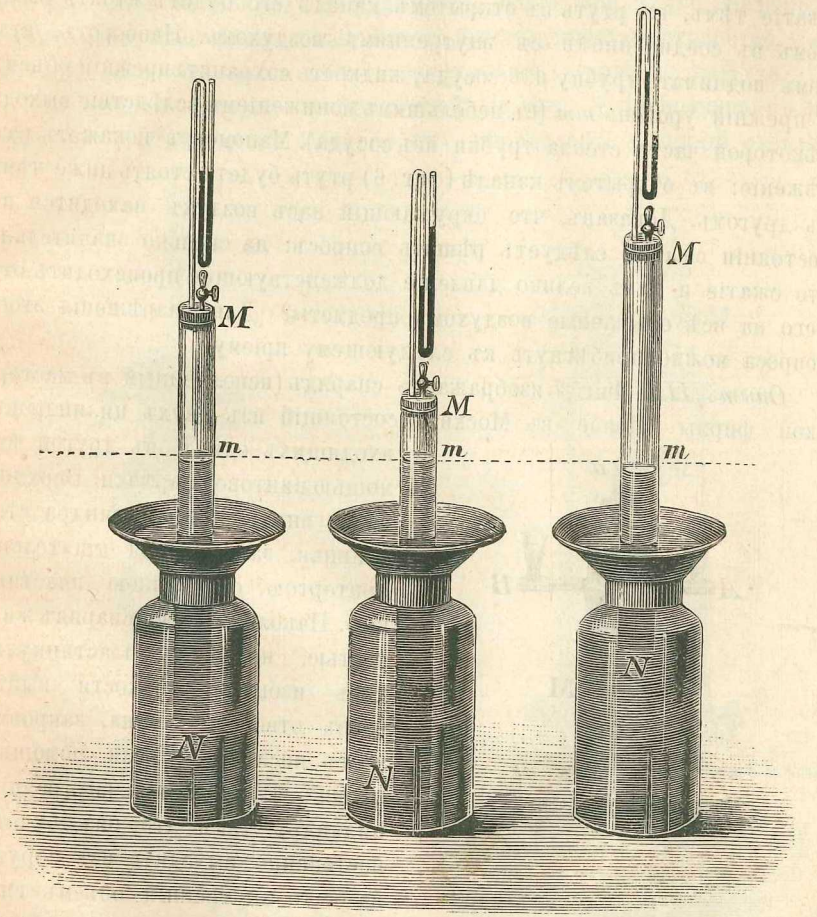
Если чрезъ отверстіе крана мы втянемъ въ себя нѣсколько воздуха изъ пространства CN и закроемъ кранъ въ то время, какъ колонна жидкости въ колѣнѣ CD достаточно поднимется, то будемъ имѣть случай обратный первому. Жидкость въ колѣнѣ CB будетъ стоять выше чѣмъ въ колѣнѣ AB (фиг. 3). Чѣмъ уравновѣшивается давленіе колонны жидкости стоящей въ колѣнѣ CB выше чѣмъ въ колѣнѣ AB и какъ вообще объяснить явленіе? Явленіе объяснится, если допустимъ, что воздухъ въ открытомъ колѣнѣ находится въ состояніи сжатія и давитъ на поверхность жидкости при m_1 сильнѣе, чѣмъ какъ давитъ при n_1 уменьшенный въ количествѣ воздухъ занимающій пространство Cn_1. Но если воздухъ въ открытомъ колѣнѣ находится въ сжатомъ состояніи, то въ сжатомъ состояніи находится онъ и во всей комнатѣ, ибо состояніе его въ колѣнѣ и комнатѣ одинаково. Вслѣдствіе этого когда два колѣна открыты, давленіе въ томъ или другомъ уравновѣшивается. Когда въ колѣнѣ CD воздухъ сжатъ, онъ давитъ сильнѣе, а когда разрѣженъ слабѣе чѣмъ въ открытомъ колѣнѣ.

Общее заключеніе: окружающій насъ воздухъ, среди котораго производятся опыты, находится въ сжатомъ состояніи и давитъ на всѣ находящіеся въ немъ предметы.

Въ описанномъ опытѣ сжатіе и разрѣженіе воздуха производилось чрезъ увеличеніе и уменьшеніе его количества въ данномъ пространствѣ, помощью процесса вдуванія и вдыханія, который самъ нуждается въ объясненіи. Въ слѣдующемъ опытѣ, основанномъ на новомъ принципѣ, сжатіе и разрѣженіе воздуха производится, *при томъ же его количествѣ*, чрезъ измѣненіе занимаемаго имъ пространства.

Опытъ II. Имѣемъ (фиг. 4) сосудъ *весь* наполненный жидкостью. Чрезъ пробку AB, залитую сверху тою же жидкостью, плотно вхо-

дитъ трубка MN также наполненная жидкостью до уровня mm. Въ верхней части трубки находится воздухъ, отдѣленный отъ окружающаго воздуха ртутью, заключающеюся въ верхнемъ манометрѣ. Если ввести трубку въ сосудъ, когда въ манометръ не налито еще ртути, и налить ртуть, когда трубка MN будетъ уже въ сосудѣ, то легко, нѣсколько подымая и опуская трубку, достигнуть того, что жидкость

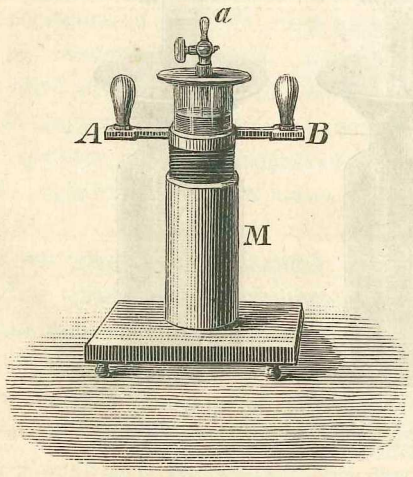


Фиг. 4. Фиг. 5. Фиг. 6.

внутри трубки будетъ стоять при нѣкоторомъ уровнѣ mm, а ртуть въ обоихъ колѣнахъ манометра будетъ находится на одинаковой высотѣ. Можемъ заключить, что по отношенію къ сжатію, воздухъ внутри

трубки находится въ томъ же состояніи какъ окружающій воздухъ. Станемъ опускать трубку въ сосудъ. Такъ какъ количество и объемъ жидкости останутся безъ перемѣны, то жидкость въ трубкѣ будетъ находиться при томъ же уровнѣ *mm* (незначительное измѣненіе произойдетъ лишь отъ погруженія въ жидкость сосуда нѣкоторой новой части стекла трубки). Воздухъ же вверху трубки будетъ, занявъ меньшее пространство, сжатъ. Манометръ (фиг. 5) обнаружитъ это сжатіе тѣмъ, что ртуть въ открытомъ каналѣ его будетъ стоять выше чѣмъ въ соединенномъ съ внутреннимъ воздухомъ. Наоборотъ, станемъ поднимать трубку изъ сосуда, жидкость сохранитъпрежній объемъ и прежній уровень *mm* (съ небольшимъ пониженіемъ вслѣдствіе выхода нѣкоторой части стекла трубки изъ сосуда). Манометръ покажетъ разрѣженіе: въ открытомъ каналѣ (фиг. 6) ртуть будетъ стоять ниже чѣмъ въ другомъ. Доказавъ, что окружающій насъ воздухъ находится въ состояніи сжатія, слѣдуетъ рѣшить вопросъ: на сколько значительно это сжатіе и какъ велико давленіе долженствующее происходитъ отъ него на всѣ омываемые воздухомъ предметы? Для разрѣшенія этого вопроса можно прибѣгнуть къ слѣдующему пріему.

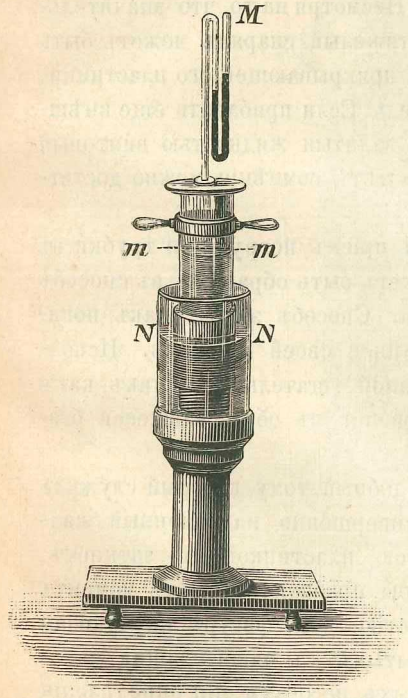
Опытъ III. Фиг. 7 изображаетъ снарядъ (исполненный въ мастерской фирмы Швабе въ Москвѣ) состоящій изъ двухъ цилиндровъ, входящихъ одинъ въ другой помощью винтовой нарѣзки. Верхняя часть внутренняго цилиндра стеклянная. закрываемая тщательно притертою стеклянною пластинкою. Наполнимъ весь снарядъ жидкостью, наложимъ пластинку и, давъ избытку жидкости выйти чрезъ отверстіе крана, закроемъ этотъ послѣдній. Если помощью ручки *AB* вращать внутренній, цилиндръ такъ что онъ будетъ постепенно выходить изъ наружнаго, то внутренній объемъ снаряда чрезъ это увеличится. Объемъ жидкости останется безъ измѣненія, но она не будетъ уже наполнять всю его внутренность. Сверху образуется безвоздушное пространство. (Строго говоря, наполненное паромъ жидкости, количество котораго въ случаѣ жидкости мало летучей, какъ напримѣръ, глицеринъ, крайне незначительно. [1]) Давленіе наружнаго воздуха съ большою силою прижметъ пластинку сверху. Взявшись за его края, можно будетъ весь снарядъ поднять на воздухъ. Если откроемъ кранъ, воздухъ стремительно войдетъ внутрь снаряда и пластинку легко будетъ отнять.



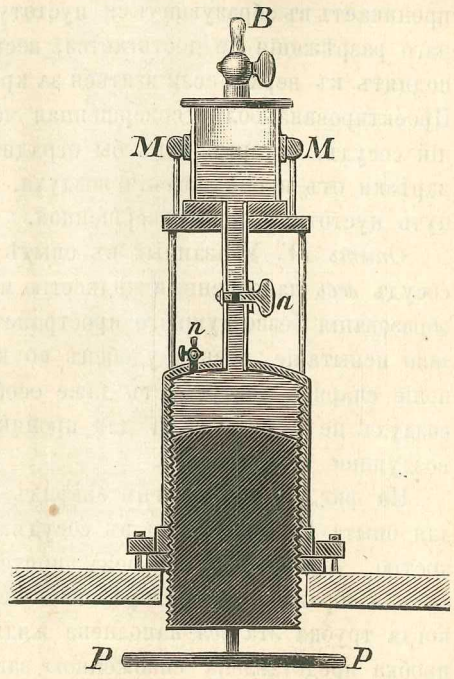
Фиг. 7.

Образовавшаяся пустота сохраняется въ снарядѣ не долгое время. Чрезъ обороты винта, даже мелко нарѣзаннаго, воздухъ силою давленія вгоняется въ снарядъ и подымаясь, болѣе или менѣе замѣтными пузырьками, мало-по-малу наполняетъ безвоздушное пространство. Смазываніе оборотовъ винта саломъ затрудняетъ вторженіе воздуха.

Въ модели снаряда изображенной на фиг. 8 (исполнена въ мастерской г. Рихтера въ Петербургѣ) прибавленъ внѣшній стеклянный сосудъ, позволяющій залить соединеніе цилиндровъ такъ что обороты винта остаются постоянно въ жидкости, воздухъ не мо-



Фиг. 8.



Фиг. 9.

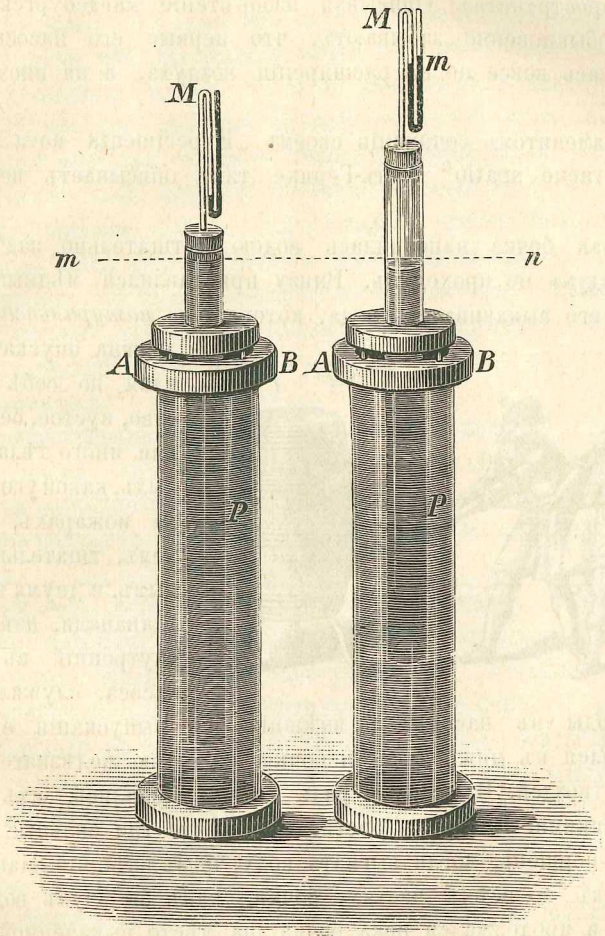
[1]). Снарядъ въ мастерской г. Швабе сдѣланъ изъ желѣза и можетъ быть, потому, наполняемъ ртутью.

жетъ проникнуть внутрь, и внѣшнее давленіе можетъ вогнать внутрь лишь ту же жидкость, причемъ остающееся пустымъ пространство будетъ постоянно уменьшаться.

Въ модели изображенной на фиг. 9 приспособленъ новый пріемъ (модель исполнена въ мастерскихъ Ремесленнаго училища Цесаревича Николая въ Петербургѣ). Верхняя часть, гдѣ образуется пустота, отдѣлена отъ нижней, гдѣ находятся ввинченные одинъ въ другой цилиндры, каналомъ снабженнымъ краномъ. Какъ только въ верхней части образовалось достаточныхъ размѣровъ пустое пространство, кранъ запирается. Если снарядъ сдѣланъ достаточно тщательно, пустота сохраняется. Въ снарядѣ модель котораго изображена на фиг. 9 нарѣзки винта сдѣланы довольно крупно, и воздухъ довольно быстро проникаетъ въ образующуюся пустоту. Несмотря на то, что значительнаго разрѣженія не достигается, весь тяжелый снарядъ можетъ быть поднятъ къ верху, если взяться за края прикрывающей его пластинки. Проектирована болѣе совершенная модель Если прибавить еще внѣшній сосудъ, который могъ бы оградить залитыя жидкостью винтовыя нарѣзки отъ проникновенія воздуха, то нѣтъ сомнѣнія можно достигнуть пустоты весьма совершенной.

Опытъ IV. Указанный въ опытѣ II пріемъ погруженія трубки въ сосудъ *весь* наполненный жидкостію можетъ быть обращенъ въ способъ образованія безвоздушнаго пространства. Способъ этотъ, какъ показало испытаніе, весьма удобенъ по крайней своей простотѣ. Исполненіе снаряда не требуетъ даже особенной тщательности, такъ какъ воздухъ не имѣетъ пути для проникновенія въ образовавшееся безвоздушное пространство.

На фиг. 10 изображенъ снарядъ подобный тому который служилъ для опыта II. Входящую въ сосудъ, совершенно наполненный жидкостію, трубку *MN* закроемъ притертою пластинкой или заткнемъ, какъ изображено на фигурѣ, каучуковою пробкою, въ тотъ моментъ когда трубка эта *вся* наполнена жидкостію. (На фигурѣ каучуковая пробка представлена снабженною закрытымъ съ одного конца манометромъ, употребляемымъ при воздушныхъ насосахъ для опредѣленія степени пустоты). Станемъ поднимать трубку изъ сосуда. Ощутимъ значительное препятствіе. Удерживая сосудъ, побѣдимъ это препятствіе. Замѣтимъ, что вверху трубки (фиг. 11) обнаружится пространство не наполненное жидкостью, такъ какъ жидкость эта, наполнявшая весь снарядъ, сохранитъ свой объемъ. Въ пространствѣ этомъ не можетъ быть воздуха, ибо ему не откуда было туда проникнуть. Образовалось, слѣдовательно, безвоздушное или пустое пространство (или по крайней мѣрѣ—въ случаѣ пробки съ манометромъ,— заключающее въ себѣ очень разрѣженный воздухъ, распространившійся



фиг. 10. Фиг. 11.

изъ манометра). Чтобы безвоздушное пространство образовалось и сохранилось, необходимо, какъ сказано, значительное усиліе. Если не удерживать трубку и сосудъ въ разъединеніи, трубка съ силою сама опустится въ сосудъ.

Снаряды, описанные подъ рубрикою опытовъ III и IV, основаны нами на новомъ началѣ, довольно близкомъ къ тому, на которомъ Отто фонъ Герике основалъ свои первые опыты съ образованіемъ пустаго пространства. Описывая изобрѣтеніе магдебургскаго бургомистра, обыкновенно забываютъ, что первые его насосы и опыты основывались вовсе не на расширеніи воздуха, а на иномъ совсѣмъ началѣ.

Въ знаменитомъ сочиненіи своемъ „Experimenta nova magdeburgica de vacuo spatio“ фонъ-Герике такъ описываетъ первый свой опытъ.

„Винная бочка наполнялась водою и тщательно задѣлывалась, чтобы воздухъ не проходилъ. Внизу приставлялся мѣдный насосъ и помощью его выкачивалась вода, которая *по натуральной тяжести* должна опускаться, оставляя по себѣ пространство, пустое, безъ воздуха или иного тѣла... Насосъ былъ, какой употребляется на пожарахъ, съ поршнемъ, тщательно сдѣланнымъ, и двумя кожанными клапанами, изъ которыхъ внутренній въ отверстіи насоса, служилъ для вхожденія воды въ насосъ, а внѣшній для выпусканія ея. Насосъ прикрѣплялся къ нижней части бочки, помощью желѣзнаго кольца и четырехъ гвоздей. Въ первый разъ гвозди сломались, ихъ замѣнили болѣе крѣпкими. Наконецъ достигли того, что три сильные человѣка, тащившіе поршень, могли выгнать воду чрезъ внѣшній клапанъ. Слышался звукъ во всѣхъ частяхъ бочки, какъ бы звукъ воды сильно кипящей, и продолжался пока бочка, на мѣсто выкаченной воды наполнилась воздухомъ. Надо было помочь какъ-нибудь этому злу. Сдѣлана была малая бочка и вставлена въ большую. Насосъ съ длинною шейкою, продѣланною сквозь стѣнку большой бочки, прикрѣплялся къ малой, наполненной водою. Въ большую тоже налита вода и работа возобновилась. Вода была вытянута изъ малой бочки и на мѣсто себя оставила несомнѣнно пустое пространство. Но когда день склонялся къ вечеру, работы кончились и всякій шумъ умолкъ, слышенъ былъ измѣнчивый и прерывистый звукъ, точно поющей птички, и такъ

цѣлые три дня. Наконецъ, открыто было отверстіе малой бочки и найдено, что она въ значительной части наполнена воздухомъ; однако же была нѣкоторая часть пустая, такъ какъ при открываніи воздухъ вошелъ съ нѣкоторою силою“. Замѣнивъ деревянную бочку большимъ мѣднымъ сосудомъ изъ двухъ полушарій (магдебургскія полушарія), Герике могъ произвести опытъ въ болѣе совершенной формѣ. „Въ началѣ поршень ходилъ легко, но мало-по-малу двигать его сдѣлалось такъ трудно, что два крѣпкіе человѣка едва справлялись. Когда, двигая поршень взадъ и впередъ, продолжали выкачиваніе, надѣясь удалить весь воздухъ, внезапно мѣдный шаръ съ большимъ шумомъ, при общемъ ужасѣ, такъ сжался, словно полотно измятое въ рукѣ или какъ будто брошенъ былъ съ силою съ высочайшей башни. Причину приписали небрежности мастера, сдѣлавшаго сосудъ недостаточно круглымъ“. Когда кранъ открывали, воздухъ врывался стремительно и небезопасно было налагать руку, такъ сильно она притягивалась.

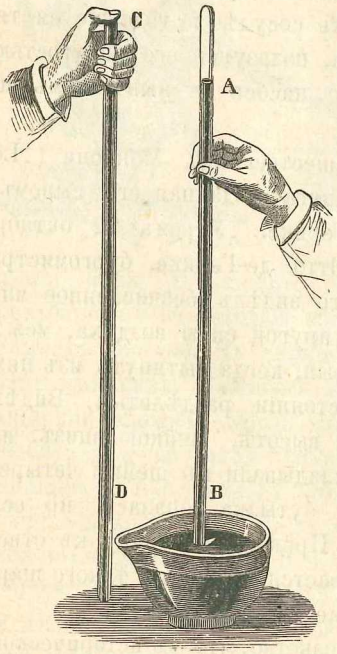
Усовершенствованный способъ образованія пустоты Герике основалъ уже не на опущеніи жидкости въ сосудѣ вслѣдствіе ея тяжести, а на выкачиваніи самаго воздуха, пользуясь его упругостью. Этимъ было положено начало воздушнаго насоса въ нынѣшнемъ его устройствѣ.

Въ 1663 году любознательный путешественникъ Монкони („Les voyages de monsieur de Monkonys“, книга изданная его сыномъ), проѣзжая черезъ Магдебургъ, былъ у Герике. „Утромъ 22 октября 1663 г.,—пишетъ, онъ,—я посѣтилъ Отто де-Герике, бургомистра, очень свѣдущаго въ пневматикѣ. У него видѣлъ безчисленное множество сосудовъ, для доказательства упругой силы воздуха, между прочимъ два мѣдныхъ полушарія, которыя, когда вытянутъ изъ нихъ воздухъ, тридцать лошадей не въ состояніи раздѣлить... Видѣлъ также шаръ, повѣшанный на нѣкоторой высотѣ, шейкою внизъ, изъ котораго вытянутъ воздухъ. Когда прикладывали къ шейкѣ четырехугольную бутылку и открывали кранъ, бутылка лопалась, но если бутылка была круглая, то не лопалась. Прикладывая руку къ отверстію шара, чувствуешь какъ она втягивается. Помощью такого шара, привѣсивъ его къ чашкѣ вѣсовъ, Герике свѣсилъ воздухъ“.

Большое значеніе имѣетъ то обстоятельство, что въ историческомъ ходѣ ученіе о вѣсѣ воздуха и о пустотѣ, доказываемой барометрическимъ опытомъ, предшествовало разъясненію вопроса объ упругости воздуха въ связи съ общимъ ученіемъ о давленіи жидкостей. Это

отразилось и на самомъ способѣ изложенія главы о давленіи воздуха. Въ нашихъ руководствахъ исходнымъ пунктомъ этой главы берется обыкновенно опытъ Торричелли, который и предлагается какъ первое, наиболѣе элементарное доказательство воздушнаго давленія. Но для начинающаго связь этого опыта съ атмосфернымъ давленіемъ далеко не проста, а представленіе о воздухѣ какъ тяжеломъ грузѣ, давящемъ внизъ, можетъ вести къ неправильнымъ заключеніямъ. Чтобы идти болѣе логическимъ и легче усвояемымъ путемъ, главу о давленіи воздуха надлежитъ начинать (какъ мною и сдѣлано въ настоящемъ трудѣ) указаніемъ опытовъ, свидѣтельствующихъ о давленіи воздуха вслѣдствіе его упругости при сжатіи и расширеніи, и затѣмъ уже переходить къ давленію вслѣдствіе той упругости, какую атмосферный воздухъ имѣетъ, будучи сжатъ тяжестью собственныхъ слоевъ, и къ опыту Торричелли.

Начало, на которомъ основаны мои снаряды состоитъ въ томъ, что если мы увеличимъ объемъ пространства наполненнаго нелетучею жидкостію и притомъ такъ, что никакое тѣло извнѣ въ пространство это проникнуть не можетъ, то поверхъ жидкости, сохраняющей свой объемъ, въ пространствѣ этомъ должна образоваться пустота на сколько совершенная, на сколько можно пренебречь количествомъ образующагося въ ней пара жидкости.

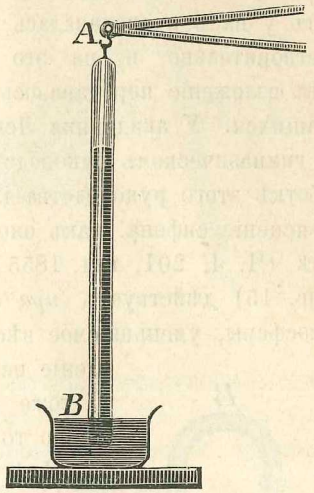


Фиг. 12.

Опытъ V. Опытъ Торричелли съ барометрическою трубкою (фиг. 12). Опускаемъ описаніе по общеизвѣстности опыта. Замѣтимъ только, что при производствѣ этого опыта обыкновенно забываютъ дополнить его принадлежащимъ Торричелли же опытомъ замѣщенія ртути водою, о которомъ мы упоминали выше.

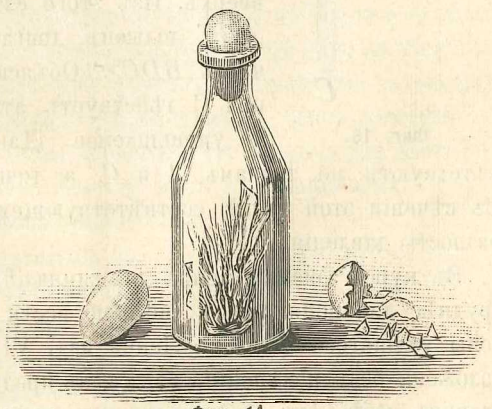
Опытъ VI. Это опытъ на которомъ основанъ такъ называемый барометръ съ вѣсомъ. Барометрическая трубка со ртутью виситъ на коромыслѣ вѣсовъ, будучи открытымъ концемъ погружена въ чашку со ртутью. Вѣсы показываютъ вѣсъ не только стекла,

но и находящейся въ трубкѣ ртути (фиг. 13). Прежде появленія моего курса физики не было обращено вниманія, что опытъ этотъ принадлежитъ еще Паскалю, и его считали открытіемъ болѣе поздняго времени. О Паскалѣ не упоминаетъ Радо (Radau) подробно излагающій исторію барометра съ вѣсомъ. „Трубка съ колонною ртути, говоритъ Паскаль въ „Nouvelles expériences touchant le vide“. („VI experience“) если свѣсить не вынимая отверстія изъ ртути и сохраняя ея положеніе, вѣситъ столько сколько вѣситъ вещество трубки вмѣстѣ со столбомъ ртути въ ней заключающемся. При этомъ пространство надъ ртутью можетъ быть велико или мало по произволу“.



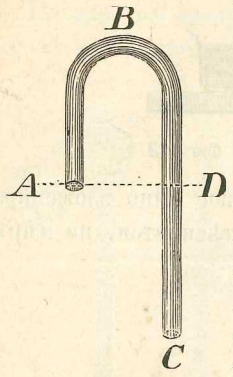
Фиг. 13.

Опытъ VII. Общеизвѣстный опытъ съ графиномъ, (фиг. 14) внутри котораго воздухъ разрѣжается горѣніемъ нѣсколькихъ бумажныхъ полосокъ. Облупленное сваренное яйцо вложенное въ отверстіе графина атмосфернымъ давленіемъ втѣсняется, по мѣрѣ охлажденія внутренняго воздуха, внутрь графина и наконецъ входитъ въ него съ значительнымъ шумомъ. Было-бы полезно снабдить графинъ манометромъ, который показывалъ-бы степень разрѣженія внутренняго воздуха.


Фиг. 14.

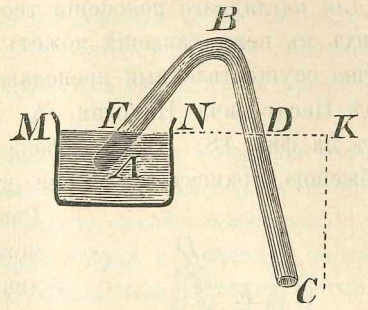
Опытъ VIII. Переливаніе жидкости помощью сифона. Быть можетъ, вслѣдствіе того, что вопросъ считается слишкомъ простымъ и элементарнымъ, теоріи сифона не посчастливилось въ курсахъ и учебникахъ. Обыкновенно она излагается не довольно ясно, а иногда неточно и даже ошибочно. Въ моемъ курсѣ физики я старался дать этому предмету надлежащее и точное развитіе. Нѣкоторые позднѣйшіе составители

курсовъ воспользовались моимъ объясненіемъ, нѣкоторые остаются при неточномъ истолкованіи. Заслуживаетъ вниманія, что въ курсахъ физики покойнаго академика Ленца, по которымъ десятки лѣтъ у насъ преподавалась физика, теорія сифона изложена неудовлетворительно и на это однако никто не обратилъ вниманія, хотя изложеніе передавалось сотнями учителей и изучалось тысячами учащихся. У академика Ленца есть два объясненія сифона: одно въ гимназическомъ руководствѣ физики, другое въ позднѣйшей переработкѣ этого руководства для военно-учебныхъ заведеній. Приведемъ объясненіе сифона, какъ оно сдѣлано въ этомъ послѣднемъ руководствѣ (Ч. I, 201, изд. 1855 г.). „На изогнутый водяной столбъ ABC (фиг. 15) дѣйствуетъ *при оконечности* A снизу вверхъ давленіе b атмосферы, уменьшаемое вѣсомъ q водяного столба AB. Поэтому давленіе на A будетъ $b—q$. На другую оконечность C тоже снизу вверхъ дѣйствуетъ почти совершенно то же давленіе атмосферы b уменьшаемое на вѣсъ q' водянаго столба BC, слѣдовательно $b—q'$. Но вѣсъ q' равенъ вѣсу $BD=q$, и вѣсу $DC=p$. Слѣдовательно $q—q'=b—q—p$. Итакъ давленіе на оконечность C снизу вверхъ величиною p меньше давленія дѣйствующаго при A снизу вверхъ. Изъ этого слѣдуетъ, что водяной столбъ ABC долженъ двигаться по направленію отъ A чрезъ BDC“. Объясненіе не вѣрно. И при A и при C дѣйствуетъ атмосферное давленіе ничѣмъ не уменьшаемое. Давленія $b—q$ и $b—q'$ соотвѣтствуютъ не точкамъ A и C, а точкѣ B, при вершинѣ трубки. Въ сѣченіи этой точкѣ соотвѣтствующемъ надлежитъ разсматривать разность давленія.



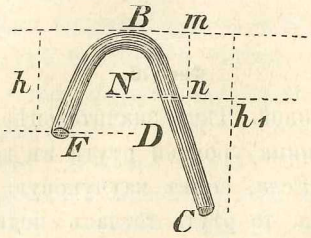
Фиг. 15.

Въ курсѣ физики Ленца для гимназій объясненіе точнѣе, но много труднѣе для пониманія и способно вести къ недоразумѣніямъ со стороны учащагося (Физика Ленца изд. VI, 1864 г. ч. I, 140. Теорія изложена безъ измѣненія, какъ и въ предыдущихъ изданіяхъ). „Представимъ себѣ (фиг. 16) что уровень воды MN продолженъ до D. Давленіе воздуха на воду въ части FBD съ обѣихъ сторонъ одинаково, именно равно атмосферному давленію распространяющемуся, съ одной стороны до F чрезъ воду заключенную въ сосудѣ, а съ другой стороны до D чрезъ жидкость въ CD. И такъ вода въ FBD не пойдетъ ни въ сосудъ, ни въ другую сторону. На площадь же C въ направленіи отъ D къ C дѣйствуютъ во первыхъ тоже атмосферное давленіе какъ и на MN, а во вторыхъ дѣйствіе водянаго столба DC, изображаемое высотою KC; а съ другой стороны на ту же площадь C въ противномъ направленіи отъ C къ D дѣйствуетъ во первыхъ атмосферное давленіе равное первому, во вторыхъ давленіе воздушнаго столба, высота котораго равна KC. Равныя атмосферныя давленія одно уравновѣшиваетъ другое, а такъ какъ вода тяжелѣе воздуха, то давленіе водянаго столба внизъ будетъ больше, чѣмъ давленіе воздушнаго столба вверхъ и вслѣдствіе того вода находящаяся въ DC должна выливаться. При этомъ выливаніи въ D *образуется пустое пространство*, которое тотчасъ наполнится водою изъ BD, за нею послѣдуетъ вода изъ FB и т. д. Такимъ образомъ вода будетъ выливаться изъ сосуда до тѣхъ поръ, пока не понизится до A“. Упоминаніе о пустотѣ немедленно наполняющейся не должно ли породить въ учащемся мысль, что древнее начало „боязни пустоты“ не исчезло и изъ современной физики? Приведеніе объясненія къ Паскалеву принципу распространенія давленія чрезъ жидкую массу едва ли съ ясностію усвоится учащимися. Если уже говорить о различіи атмосфернаго давленія на разной высотѣ въ предѣлахъ одной комнаты, то можетъ быть, неизлишне было бы добавить, что разница эта настолько незначительна, что въ разсчетъ можетъ быть не принимаема.



Фиг. 16.

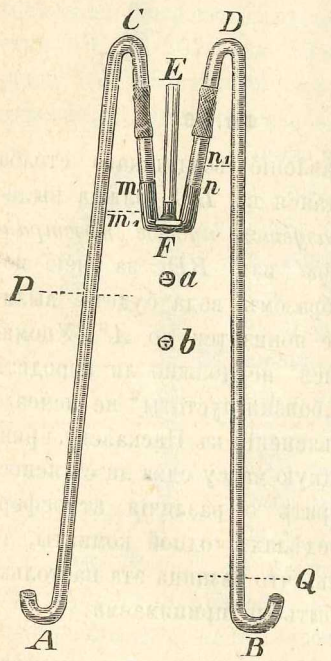
Если при объясненіи сифона прибѣгать къ распространенію давленія по закону Паскаля, то слѣдовало разсуждать такимъ образомъ. Относительно сѣченія F: въ этой точкѣ снизу вверхъ дѣйствуетъ атмосферное давленіе P, а сверху внизъ (фиг. 17), переданное отъ сѣченія C атмосферное давленіе P, уменьшенное столбомъ h' и увеличенное столбомъ h, то-есть $P—h'+h$. Избытокъ снизу вверхъ $P—P+h'—h=h'—h$. Относительно какого нибудь сѣченія N: сверху $P—$



Фиг. 17.

$h+mn$; снизу $P—nC$. Избытокъ сверху $P—h+mn—P+nC=h'—h$, ибо $mn+nC=h'$.

Для нагляднаго поясненія теоріи сифона и обнаруженія дѣйствующихъ въ немъ давленій можетъ служить снарядъ, по моей мысли, удачно осуществленный преподавателемъ физики Ремесленномъ училищѣ Цесаревича Николая, А. Н. Яковлевскимъ. Снарядъ изображенъ на фиг. 18. Вѣтви сифона раздѣлены между собою трубкою, снабженою краномъ съ тремя вѣтвями (robinet á trois branches Реньо) и каналомъ EF чрезъ который можно налить ртуть. Вѣтви сифона соединены съ колѣнами соединительной трубки каучуковыми трубками. Кранъ приводится въ положеніе означенное на чертежѣ буквою b и весь сифонъ чрезъ всасываніе наполняется водою. Затѣмъ влитая чрезъ каналъ EF ртуть впускается въ соединительную трубку помощію поворота крана въ положеніе означенное на чертежѣ буквою a. Вошедшая ртуть достигаетъ уровня mn; кранъ вновь приводится въ положеніе a. Если же одно изъ колѣнъ сифона опустить въ сосудъ съ водою до уровня P, погрузивъ другую вѣтвь въ другой сосудъ до болѣе низкаго уровня Q (или оставить конецъ въ воздухѣ), то увидимъ что ртуть на сторонѣ короткой ветви сифона будетъ стоять ниже, чѣмъ на сторонѣ длинной вѣтви, слѣдовательно давленіе со стороны короткой вѣтви сифона значительнѣе чѣмъ со стороны длинной. Чѣмъ значительнѣе разница уровней P и Q, тѣмъ больше разница уровней ртути въ колѣнахъ соединительной трубки.



Фиг. 18.

Если, снявъ каучуковую трубочку, отдѣлимъ длинную вѣтвь сифона, то ртуть тотчасъ подымется выше въ каналѣ соосвѣтствующемъ короткой вѣтви, свидѣтельствуя, что давленіе со стороны воды менѣе атмосфернаго дѣйствующаго на ртуть въ открытомъ каналѣ.

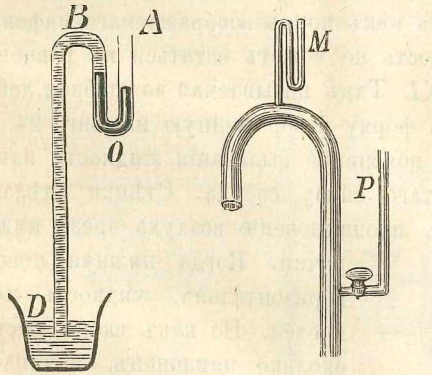
Тоже можно обнаружить помощію трубки согнутой какъ видно на

фиг. 19. Ртуть въ открытомъ колѣнѣ AO стоитъ ниже чѣмъ въ колѣнѣ OB, въ которомъ давитъ вода наполняющая колѣно BD.

Можно наконецъ снабдить сифонъ въ верхней части манометромъ какъ на фиг. 20 и прибавить боковую трубку, чтобы обнаружить давленіе при уровнѣ крана, когда отверстіе закрыто и когда чрезъ него происходитъ истеченіе.

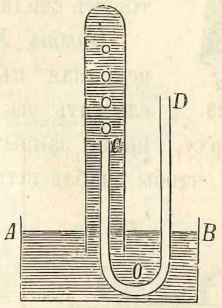
Опытъ IX. Опытъ съ переливаніемъ воздуха помощью сифона. Въ курсахъ опытъ этотъ не упоминается, хотя интересенъ и производитъ впечатлѣніе, будучи произведенъ въ достаточныхъ размѣрахъ. Я включилъ его въ свой курсъ физики, откуда и заимствую описаніе.

„Введемъ въ трубку наполненную жидкостью и погруженную отверстіемъ (фиг. 21) въ сосудъ съ такою же жидкостью колѣно CO сифона COD такъ, чтобы во время этого введенія жидкость не вошла въ сифонъ (для этого отверстіе D должно закрыть пальцемъ) и при-



Фиг. 19.

Фиг. 20.

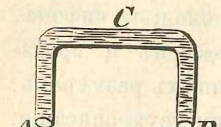


Фиг. 21.

томъ такъ, чтобы конецъ C былъ выше уровня жидкости AD. Открывъ отверстіе D, замѣтимъ, что пузырьки воздуха будутъ стремительно входить чрезъ отверстіе C, и воздухъ наполнитъ трубку. Это явленіе объясняется разностью давленій снизу вверхъ и сверху внизъ при отверстіи C. Такъ какъ сифонъ открытъ и наполненъ воздухомъ, то снизу вверхъ при C давитъ атмосфера; давленіе сверху внизъ равняется атмосферному давленію уменьшенному вѣсомъ столба жидкости, котораго высота есть разстояніе C отъ уровня жидкости AB. Первое давленіе болѣе второго и потому воздухъ входитъ въ трубку“.

Опытъ X. Съ опрокинутымъ сосудомъ прикрытымъ листкомъ бумаги. Наполняющая сосудъ жидкость не выливается, удерживаемая давленіемъ воздуха снизу. Но почему давленіе это не мо-

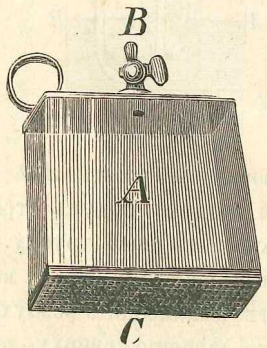
жетъ удержать воду въ неприкрытомъ опрокинутомъ сосудѣ? Объ этомъ въ курсахъ или не говорятъ, или даютъ неясное истолкованіе. Полагаю, что данное въ моемъ курсѣ объясненіе, приводящее явленіе къ дѣйствію сифона, удовлетворяетъ требованію ясности. „Такъ какъ въ равноколѣнномъ сифонѣ ABC наполненномъ жидкостью и помѣщенномъ какъ изображено на фиг. 22 обѣ половины AC и CB одинаковы, то нѣтъ причины чтобы жидкость выливалась въ ту или другую сторону. Но равновѣсіе въ этомъ случаѣ будетъ неустойчиво, ибо, при самой незначительной разницѣ высоты жидкости при концахъ A и B, тотчасъ начнется истеченіе въ сторону болѣе длинной колонны. Этотъ опытъ разъясняетъ почему вода выливается изъ открытаго опрокинутаго сосуда (фиг. 23) несмотря на атмосферное давленіе снизу. Если напримѣръ, при c вода хотя нѣсколько ниже чѣмъ при d, то мы можемъ эти мѣста разсматривать какъ концы воображаемаго сифона, въ которомъ жидкость не можетъ остаться въ равновѣсіи".



Фиг. 22.

Фиг. 23.

Опытъ XI. Такъ называемая волшебная лейка приведенная въ форму изображенную на фиг. 24, можетъ служить къ поясненію выливанія жидкости изъ закрытаго сверху, но не закрытаго снизу сосуда. Стѣнки сдѣланы стеклянныя чтобы наблюдать проникновеніе воздуха чрезъ нижнія дирочки. Когда нижняя поверхность горизонтальна, жидкость не выливается. Но какъ скоро сосудъ нѣсколько наклоненъ, начинается сифонообразное дѣйствіе, жидкость вытекаетъсъ пониженной стороны, а съ противоположной бѣгутъ пузырьки воздуха.



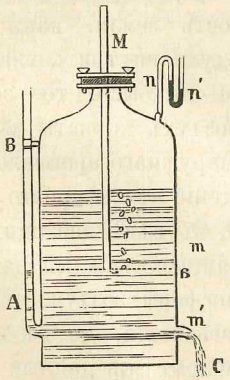
Фиг. 24.

Не останавливаемся на случаѣ опрокинутой трубки съ малымъ отверстіемъ, изъ которой жидкость не выливается вслѣдствіе того что отверстіе является какъ бы прикрытымъ капиллярною пленкою. Для изученія участія капиллярности въ явленіи надлежало бы произвести опыты съ пипетою, измѣняя отверстіе истеченія (по способу. напримѣръ, діафрагмы микроскопа, круглое отверстіе которой можно

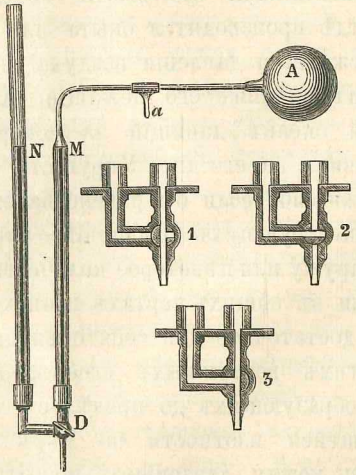
увеличивать и уменьшать сохраняя его круглымъ). Опыты можетъ быть были бы полезны для изученія капилярныхъ явленій.

Опытъ XII. Фиг. 25 изображаетъ Маріоттовъ сосудъ со введенными мною дополненіями. Маріоттовъ сосудъ инструментъ весьма полезный въ педагогическомъ отношеніи, такъ какъ опыты съ нимъ представляютъ много вопросовъ для объясненія. Я дополнилъ снарядъ прибавленіемъ манометра, позволяющаго судить о состояніи воздуха внутри сосуда, и боковой трубки AB, указывающей истинный уровень съ какого происходитъ истеченіе. (О сосудѣ смотри мой курсъ стр. 103).

Опытъ XIII. Заключимъ опыты указаніемъ на пріемъ, какимъ нерѣдко пользовался Реньо въ своихъ многочисленныхъ изслѣдованіяхъ надъ газообразными тѣлами. Пріемъ этотъ—употребленіе такъ называемаго крана съ тремя вѣтвями (robinet à trois branches). Фиг. 26 изображаетъ снарядъ, служившій для изученія расширенія газовъ, могущій также служить воздушнымъ термометромъ. Снарядъ



Фиг. 25.



Фиг. 26.

состоитъ изъ двухъ соединенныхъ между собою трубокъ, изъ которыхъ одна N открытая, другая M закрываемая обыкновеннымъ краномъ или соединяемая съ резервуаромъ A. Кранъ D, какъ видно изъ отдѣльныхъ изображеній, имѣетъ три вѣтви, позволяющія, смотря по его положенію, то привести колѣна на N и M въ сообщеніе, то выпустить ртуть изъ того или другого колѣна или, наконецъ вмѣстѣ

изъ обоихъ. Вообще такой снарядъ, въ формѣ ли воздушнаго термометра, или въ формѣ волюмометра Реньо, или наконецъ просто въ формѣ двухъ соединенныхъ трубокъ, одной открытой, другой снабженной краномъ,—приводимыхъ въ сообщеніе помощію крана съ тремя вѣтвями, долженъ бы составлять принадлежность каждаго физическаго кабинета. Упражненіе съ нимъ, при разныхъ положеніяхъ крана *D* полезно для усвоенія различныхъ условій воздушнаго давленія и для ознакомленія съ закономъ Маріотта.

Глава третья.

Нѣсколько замѣчаній о теоріи барометра.

I.

Мы разсматривали *давленіе* воздуха, происходящее вслѣдствіе сжатаго состоянія, въ какомъ онъ находится, но не указывали причины, производящей это сжатіе въ случаѣ воздуха наполняющаго комнату, гдѣ производится опытъ или внѣ ея открытой атмосферы. Причина сжатія и давленія воздуха есть его *вѣсъ*: каждый верхній слой давитъ на ниже его лежащіе. Атмосфера представляетъ собой воздушный океанъ давящій на поверхность земли, какъ водяной океанъ давитъ на его дно. Упругость воздуха внутри комнаты та же что снаружи, ибо если бы равенства этого не было, то—вслѣдствіе всегда существующихъ сообщеній—или воздухъ комнаты вышелъ бы отчасти наружу или нѣкоторое количество наружнаго проникло внутрь.

Но если въ общихъ чертахъ происхожденіе атмосфернаго давленія находитъ достаточное для себя объясненіе въ вѣсѣ лежащихъ одинъ надъ другимъ воздушныхъ слоевъ, давящихъ каждый верхній на нижніе и образующихъ до предѣловъ атмосферы воздушный столбъ, уменьшающейся плотности по мѣрѣ возвышенія, то въ подробностяхъ связь между давленіемъ, испытываемомъ въ данный моментъ ртутью барометра и состояніемъ атмосферной колонны это давленіе порождающей такъ сложна, что теорія барометра какъ метереологическаго инструмента, измѣряющаго давленіе атмосферы находится въ самомъ несовершенномъ состояніи. Ртутный барометръ принадлежитъ къ числу самыхъ употребительныхъ метереологическихъ инструментовъ и признается едва ли не важнѣйшимъ изъ нихъ. По отношенію къ тщательности устройства, чувствительности, точности

искуснѣйшіе мастера занимались его усовершенствованіемъ. Разнообразныхъ формъ инструмента, стремящихся удовлетворенію тѣмъ и другимъ цѣлямъ, множество. Но если практика прибора доведена до значительнаго совершенства, то далеко нельзя сказать того же о теоріи. Что собственно показываетъ барометръ, измѣрителемъ какого дѣйствія или какихъ дѣйствій служитъ этотъ тщательно устроенный аппаратъ? Высота ртутной колонны непосредственно измѣряетъ то давленіе, какое оказываетъ воздухъ прилегающій къ ртутной поверхности чашки. Всякое дальнѣйшее заключеніе о состояніи атмосферной давящей колонны имѣетъ уже гадательный характеръ. При томъ число заносимое въ журналъ наблюденій не то, которое прямо читается на инструментѣ. Наблюдаемая высота подвергается поправкамъ чрезъ вычисленіе. Не только дѣлается поправка относительно температуры, но показаніе приводится къ уровню моря, къ напряженію тяжести подъ 45° широты. Приведеніе къ уровню моря обыкновенно на столько значительно измѣняетъ наблюдаемое число, что погоня за особою точностью измѣренія становится иллюзорною, а приведеніе къ средней широтѣ является роскошью, едва ли не излишнею. Усилія направлены къ составленію карты давленій, въ которой пункты одинаковаго давленія соединены между собою представляя линіи и заборъ. Картамъ приписывается особая важность какъ матеріалу для вѣроятнаго предсказанія погоды. Извѣстно какъ ограниченъ и скуденъ запасъ такихъ предсказаній. Отсутствіе теоретическаго освѣщенія, неимѣніе, за исключеніемъ развѣ случая циклоновъ, ясной схемы очень сложнаго явленія, отсутствіе наблюденій на высотѣ, не дозволяютъ изъ свидѣтельствуемаго картою факта, что въ одномъ мѣстѣ давленіе побольше, въ другомъ поменьше, и воздухъ долженъ привлекаться туда, гдѣ онъ разрѣженнѣе—составитъ сколько-нибудь ясную картину воздушныхъ теченій въ толщѣ атмосферы, которыми опредѣляется погода.

Нельзя сказать, чтобы не было изслѣдованій направленныхъ къ составленію теоріи барометрическаго давленія. Вопросъ особенно по отношенію къ уменьшенію давленія по мѣрѣ высоты и измѣренію высотъ на основаніи такого уменьшенія подвергался внимательному изученію многихъ ученыхъ. Тѣмъ не менѣе научное изученіе барометра, теоретическое и опытное въ различныхъ условіяхъ помѣщенія снаряда, почти незатронуто. Такова судьба всѣхъ метереологическихъ инструментовъ, назначенныхъ къ отмѣчанію такихъ сложныхъ явленій какъ атмосферныя перемѣны. Всякій ин-

струментъ что-нибудь показываетъ, и показанія его можно записать, но вопросъ въ томъ, что̀ именно онъ показываетъ, и къ какимъ выводамъ на самомъ дѣлѣ пригодны записи. Къ концу пятидесятыхъ годовъ Парижская Академія Наукъ, по почину Біо и Реньо, назначила темою для преміи разборъ условій, отъ которыхъ зависятъ показанія термометра. Отвѣта не послѣдовало и премія, нѣсколько лѣтъ возобновлявшаяся, осталась невыданною. Если бы вопросъ задать о барометрѣ, онъ оказался бы еще сложнѣе и труднѣе для отвѣта. Чтобы подвинуть метеорологію, относительно которой до сихъ поръ остается справедливымъ слово, сказанное Біо въ 1855 году,—что это еще не наука, а простая совокупность свѣдѣній—требуется эту отрасль знанія, относящуюся почти исключительно въ области наблюденія, дополнить тѣмъ, что можно назвать *экспериментальною метеорологіей* (какъ вообще видоизмѣненіе наблюдательныхъ наукъ, по возможности, въ науки опытныя есть важная задача новаго времени). Знаменитыя въ свое время, образцовыя изслѣдованія произведенныя Реньо надъ гигрометромъ представляютъ примѣръ экспериментальныхъ изслѣдованій въ метеорологической области.

Укажемъ на капитальныя несовершенства теоріи барометрическаго давленія въ нынѣшнемъ ея состояніи. Теоретически барометръ разсматривается какъ инструментъ, въ которомъ столбъ ртути уравновѣшивается столбомъ воздуха, простирающимся отъ инструмента до предѣловъ атмосферы. Явленіе разсматривается какъ аеро-или гидростатическое (если послѣдній терминъ распространить какъ на капельныя такъ и на упругія жидкости). Допущеніе, очевидно, несостоятельное. Воздухъ никогда не находится въ покоѣ. Его давленіе на ртуть барометра есть давленіе *гидравлическое*—движущейся жидкой массы. Теоретически барометръ есть инструментъ, помѣщенный въ нѣкоторой оболочкѣ, имѣющей небольшое отверстіе, сообщающее ее съ окружающимъ воздухомъ образующимъ потокъ того или другого направленія. Воздухъ внутри оболочки, приходя въ равновѣсіе съ гидравлическимъ давленіемъ проходящаго потока, оказываетъ то или другое давленіе на ртуть. Оболочка эта есть — или комната гдѣ производится наблюденіе, или самая чашка, гдѣ помѣщается ртуть испытывающая давленія, (если барометръ наблюдается среди открытой атмосферы: чашка всегда сообщается съ внѣшнимъ воздухомъ чрезъ небольшія отверстія). Потокъ можетъ имѣть весьма различное направленіе: быть восходящимъ, нисходящимъ, горизонтальнымъ, наклоннымъ. Имѣемъ ли мы какое-нибудь понятіе объ

измѣненіи показаній при этихъ различныхъ условіяхъ, есть ли хотя какія-нибудь изслѣдованія по этому предмету? Движеніе воздуха въ той же давящей колоннѣ атмосферы можетъ быть весьма различное. Что мы объ этомъ знаемъ?

Наблюденіе воздушныхъ теченій на высотѣ соединено съ огромными трудностями. Не излишне было бы однако пользоваться въ этомъ отношеніи тѣмъ, что уже доступно наличнымъ средствамъ. Скоро триста лѣтъ какъ изобрѣтены зрительныя трубы и однако снарядъ остается почти въ исключительномъ пользованіи астрономовъ. Зрительная труба могла бы служить для наблюденія инструментовъ помѣщенныхъ на высотѣ (на привязномъ, напримѣръ, шарѣ), освѣщаемыхъ отъ трубы же пущеннымъ потокомъ электрическаго свѣта. Помощью трубъ можно опредѣлять разстояніе и движеніе облаковъ и однако этимъ средствомъ пользуются очень мало.

II.

Какое участіе въ барометрическомъ давленіи имѣетъ вода, находящаяся въ разныхъ ея формахъ въ атмосферѣ? Относительно водянаго пара въ воздухѣ, Дальтонъ, выходя отъ своихъ знаменитыхъ наблюденій, составилъ въ началѣ нынѣшняго вѣка теорію, которая, несмотря на всю ея несостоятельность, до сихъ поръ оставляетъ слѣды въ метеорологіи. До сихъ поръ можно слышать объ атмосферѣ пара, дѣйствующей совокупно съ воздушною атмосферой воздуха и подчиняющейся своимъ условіямъ въ измѣненіи упругости и давленія. Въ моемъ сочиненіи „О Дальтоновомъ законѣ и количествѣ пара въ воздухѣ при низкихъ температурахъ“ изданномъ въ 1865 году метеорологическое ученіе о парѣ въ воздухѣ было подвергнуто мною критическому разсмотрѣнію. Думаю, что замѣчанія мои не лишены нѣкотораго интереса и нынѣ.

Теорія Дальтона состоитъ въ томъ, что при смѣшеніи въ одномъ пространствѣ нѣсколькихъ газообразныхъ тѣлъ взаимному отталкиванію на разстояніи подчиняются лишь однородныя частицы; частицы разнородныя не обнаруживаютъ взаимнаго отталкиванія, хотя будучи приведены въ соприкосновеніе и могутъ толкать однѣ другія прикасающіяся неупругимъ тѣламъ. „Нѣчто подобное, прибавляетъ Дальтонъ, встрѣчаемъ при магнетизмѣ, и чрезъ сравненіе съ магнетизмомъ, можетъ быть, лучше всего можно объяснить мою мысль. Два одноименные полюса двухъ магнитовъ отталкиваются съ одиноковою

силой, находится ли между ними постороннее тѣло или нѣтъ. Именно такъ, представляю я себѣ, отталкиваются между собою двѣ частицы одного и того же газа,—одинаково, есть ли между ними частицы другого газа или нѣтъ,—и не дѣйствуютъ на эти сторонніе частицы. При столкновеніи магнита съ постороннимъ тѣломъ обнаруживаются, при ихъ кажущемся прикосновеніи, обыкновенные законы движенія; точно то же самое бываетъ, когда касаются между собою двѣ разнородныя частицы двухъ газовъ".

Согласно такой теоріи каждый изъ смѣшанныхъ газовъ образуетъ свою отдѣльную атмосферу, со своимъ распредѣленіемъ плотности и давленій. Дѣйствія отдѣльныхъ атмосферъ слагаются въ общее давленіе.

Отсылая относительно подробностей вопроса къ указанному выше нашему сочиненію, позволяемъ себѣ здѣсь привести одинъ изъ его параграфовъ.

„Мы должны различать: 1) *Опыты*, принадлежащіе первоначально Дальтону и доказывающіе, что паръ образуемый жидкостью, помѣщенной въ ограниченномъ сосудѣ среди газа какой-нибудь плотности (не дѣйствующаго на этотъ паръ химически), мало-по-малу насыщаетъ наполняемое имъ пространство и, при благопріятныхъ условіяхъ, можетъ пріобрѣсти ту самую *упругость* и распространиться въ занимаемомъ пространствѣ въ томъ самомъ *количествѣ*, какъ еслибы это пространство было пустое. Этотъ законъ и выражаютъ въ физикѣ какъ законъ смѣшенія газовъ и паровъ [1]).

„2) *Обобщеніе* того заключенія, какое слѣдуетъ изъ такого рода опытовъ, обобщеніе сдѣланное Дальтономъ и которое собственно и должно называться *закономъ Дальтона*. Этотъ законъ можно выразить слѣдующимъ образомъ. *„Законы равновѣсія пара въ воздухѣ и газахъ тѣ же самые, какъ и въ пустотѣ, съ тою разницею, что равновѣсіе въ газахъ устонавливается медленно, а въ пустотѣ быстро"*. Недостатокъ точнаго выраженія закона Дальтона былъ одною изъ причинъ тѣхъ недоразумѣній, въ какія впадали многіе ученые и въ томъ числѣ Ламонтъ. (Ошибочность разсужденія Ламонта указана въ предшествующемъ параграфѣ моего сочиненія). Легко видѣть, что этотъ законъ

[1]) Послѣ Дальтона и Гей-Люссака (опыты котораго не описаны, впрочемъ, съ надлежащею подробностью) изученіемъ и повѣркою этого важнаго явленія занимались Шмединкъ и Реньо. Изслѣдованія всѣхъ этихъ ученыхъ относятся къ температурамъ выше 0°. Мнѣ казалось не безполезнымъ изучить тѣ же явленія при низкихъ температурахъ, что и исполнено въ моемъ трудѣ.

выражаетъ нѣсколько болѣе, чѣмъ сколько прямо слѣдуетъ изъ упомянутыхъ опытовъ. Опыты относятся только къ ограниченнымъ сосудамъ, поддерживаемымъ при опредѣленной температурѣ; законъ, если онъ справедливъ вообще, долженъ прилагаться къ случаю обширныхъ пространствъ, гдѣ надо обращать вниманіе на давленіе, какое, по своей тяжести, высшіе слои должны оказывать на нижніе; онъ долженъ прилагаться и къ тому случаю, когда въ разныхъ частяхъ пространства наполненнаго газомъ, температура различна. Относительно упругости и распредѣленія пара въ двухъ сообщающихся пространствахъ, наполненныхъ воздухомъ или газами и имѣющихъ различную температуру, вовсе не было дѣлано опытовъ, хотя этотъ вопросъ имѣетъ, очевидно, важное значеніе для метеорологіи, такъ какъ атмосфера есть именно пространство, наполненное воздухомъ, имѣющимъ въ разныхъ частяхъ весьма различную температуру. Въ двухъ сообщающихся безвоздушныхъ пространствахъ разной температуры, паръ быстро дистиллируется изъ болѣе теплаго въ болѣе холодное, и равновѣсіе устанавливается, когда упругость пара во всемъ пространствѣ становится равною той, которая соотвѣтствуетъ болѣе низкой температуръ. Такъ ли происходитъ явленіе въ двухъ сообщающихся пространствахъ разной температуры, наполненныхъ воздухомъ? Съ какою быстротою происходитъ дистилляція и прилагается ли къ этому случаю законъ равновѣсія соотвѣтствующій безвоздушному пространству? Если законъ Дальтона въ приведенной нами формѣ справедливъ, то явленіе и въ этомъ случаѣ должно происходить какъ въ пустотѣ, только болѣе медленно. Всѣ эти вопросы долженъ рѣшить опытъ. Въ атмосферѣ равновѣсіе пара, очевидно установиться не можетъ, и совершенно излишне говорить объ уравновѣшивающейся въ себѣ независимой атмосферѣ пара, такъ какъ такой атмосферы не существуетъ и законъ Дальтона не имѣетъ слѣдовательно приложенія; но вытѣсненіе воздушныхъ массъ образующимся паромъ и дистилляція пара должны, повидимому, происходить въ атмосферѣ въ обширныхъ размѣрахъ.

„Но если въ дѣйствительной атмосферѣ законы равновѣсія пара и не имѣютъ прямого приложенія, то, во всякомъ случаѣ, теоретически мы можемъ разсуждать объ условіяхъ равновѣсія пара не въ ограниченныхъ сосудахъ, а въ обширныхъ пространствахъ, какъ пустыхъ, такъ и наполненныхъ воздухомъ. Такое теоретическое разсмотрѣніе лучше всего можетъ уяснить истинное значеніе закона Дальтона и слѣдствія, какія изъ него вытекаютъ. Представимъ себѣ

длинный столбъ пара (напримѣръ, въ высоту атмосферы), и пусть этотъ паръ одинъ наполняетъ разсматриваемый столбъ; положимъ далѣе, что температура на всемъ протяженіи столба одинакова. Условія равновѣсія такого столба тѣ же какъ и вообще столба упругой жидкости. Но такъ какъ упругость пара при опредѣленной температурѣ не можетъ быть болѣе извѣстной величины, то понятно, что верхніе слои нашего столба могутъ сжать нижній только до этого предѣла упругости. При этомъ только одинъ нижній слой можетъ быть въ состояніи насыщенія, и упругость по мѣрѣ высоты должна уменьшаться по извѣстному закону. Это уменьшеніе должно идти весьма быстро, особенно если нижній слой не представляетъ насыщенія. Въ § 6 мы указывали, къ какимъ результататамъ, несогласнымъ съ наблюденіями, привели подобныя соображенія о столбѣ пара уравновѣшивающемся самъ въ себѣ, произвольно приложенныя къ атмосферному пару.

„Но представимъ себѣ, что разсматриваемый нами столбъ есть столбъ воздуха, среди котораго распространенъ паръ. Допустить законъ Дальтона значитъ допустить, что и въ этомъ случаѣ, какъ скоро равновѣсіе установится, паръ долженъ имѣть точно такое распредѣленіе и точно такую упругость, какія онъ имѣлъ бы, если бы одинъ наполнялъ данный столбъ. Но такое рѣшеніе вопроса вовсе не есть необходимое: о явленіи можно имѣть совсѣмъ иное представленіе. Гдѣ-бы мы на протяженіи воздушнаго столба ни разсматривали опредѣленный объемъ воздуха, этотъ объемъ, взятый отдѣльно, *можетъ* принять въ себя, — при благопріятныхъ условіяхъ, если есть достаточное количество жидкости, — количество пара потребное для насыщенія. Такимъ образомъ колонна воздуха, на всемъ протяженіи своемъ, при установившемся равновѣсіи, можетъ быть насыщена паромъ. При этомъ часть воздуха изъ верхнихъ слоевъ будетъ вытѣснена въ нижніе и упругость пара въ данномъ слоѣ не будетъ опредѣляться вѣсомъ всей колонны пара выше этого слоя, а просто будетъ придаваться къ упругости воздуха. Такое именно представленіе имѣлъ Пуассонъ, какъ видно изъ слѣдующаго любопытнаго мѣста его *Механики* [1]). Пуассонъ доказываетъ, что количество пара въ нашей атмосферѣ превышаетъ то, которое окружало-бы землю, если-бы воздуха не было, и вся атмосфера состояла изъ одного пара, который тогда дѣйствительно образовалъ-бы уравновѣшивающуюся въ себѣ атмосферу.

[1]) *Traitè de Mécanique.* 3-me ed. Bruxelles. 1838 p. 403.

„Если-бы, говоритъ Пуассонъ, не существовала облекающая насъ атмосфера, то она замѣнилась-бы другой атмосферой, образованной водянымъ паромъ, который поднялся-бы съ моря. Законъ плотности въ различныхъ слояхъ ея и высота зависѣли-бы отъ закона температуръ, какой имѣлъ-бы мѣсто въ этой атмосферѣ и о которомъ мы не можемъ составить себѣ никакого понятія; но каковъ-бы этотъ законъ ни былъ, общій вѣсъ вертикальной цилиндрической колонны этого пара, имѣющей основаніемъ единицу поверхности, былъ-бы всегда равенъ упругой силѣ, соотвѣтствующей самой нижней точкѣ этой колонны; и если паръ достигъ maximuma плотности, то эта сила будетъ зависѣть только отъ соотвѣтствующей температуры. На самомъ дѣлѣ мы не знаемъ какая была-бы эта температура; можно думать, что она была-бы значительно меньше той, которая теперь существуетъ на земной поверхности, ибо упругая среда, находящаяся въ прикосновеніи съ этою поверхностью, имѣла-бы тогда значительно меньшую плотность, чѣмъ обыкновенный воздухъ. Но допустимъ, для примѣра, что эта температура была-бы сплошь $18^0,75$. Вѣсъ колонны водяной атмосферы, имѣющей основаніемъ квадратный дециметръ не превышалъ-бы вѣсъ ртутной призмы того же основанія и 0,016 метр. высоты, то-есть вѣсъ 0,16 литра ртути или около 2.300 граммовъ. Что̀ касается до вѣса того количества водянаго пара, какое можетъ содержаться въ *колоннѣ воздуха* нашей атмосферы, то оно зависитъ отъ закона пониженія температуры въ вертикальномъ направленіи и не можетъ быть вычислено; но если основаніе колонны есть квадратный дециметръ, а нижняя температура $18^9,75$, то легко убѣдиться, что этотъ вѣсъ долженъ превосходить 2.300 граммовъ, такъ какъ на всемъ протяженіи колонны, гдѣ температура мало разнится отъ 18,75, и до высоты пока давленіе не сдѣлается равнымъ 0,016 м., всякій литръ воздуха можетъ заключать въ себѣ до 16 миллиграмовъ пара. Такимъ образомъ атмосфера, которая давитъ на поверхность земли, вовсе не есть, какъ говорили прежде, причина, мѣшающая жидкостямъ испариться и разсѣяться въ пространствѣ; напротивъ того ея присутствіе позволяетъ пару держаться надъ землею въ бо̀льшемъ количествѣ, чѣмъ какъ если-бы этой атмосферы не существовало“.

„Нельзя не признать воззрѣніе Пуассона болѣе естественнымъ, чѣмъ воззрѣніе, основанное на принципахъ Дальтона. Во всякомъ случаѣ этотъ вопросъ имѣетъ только теоретическое значеніе.

„Наконецъ, мы должны отличать: 3) собственно *теорію Дальтона*, придуманную имъ для того, чтобъ объяснить взаимное проникновеніе

смѣшиваемыхъ газовъ и суммированіе ихъ упругостей. Теорія эта, какъ мы видѣли, основывается на совершенно произвольномъ допущеніи, что между частицами разнородныхъ газовъ нѣтъ взаимнаго отталкиванія, какъ между частицами одного и того же газа, и что смѣшанная атмосфера, достигнувшая состоянія равновѣсія не только *можетъ быть разсматриваема* какъ состоящая изъ отдѣльныхъ атмосферъ, но и дѣйствительно состоитъ изъ такихъ независимыхъ атмосферъ. Мы видѣли, что теоретическія соображенія Дальтона были опровергнуты уже вскорѣ послѣ появленія его теоріи. Дальтонъ самъ въ одномъ изъ своихъ позднѣйшихъ мемуаровъ (*Philos. Trans.* 1826. part II. 175) съ большою уступчивостью говоритъ о своей теоріи и признаетъ, что принятіе ея сопряжено съ большими трудностями. Вообще мы вправѣ сказать, что гипотеза Дальтона объ отсутствіи взаимнодѣйствія частицъ смѣшанныхъ газовъ или газовъ и паровъ не выдержала разбора, такъ что въ настоящее время въ курсахъ физики обыкновенно и не упоминается объ этомъ пунктѣ теоріи, и законъ смѣшенія газовъ выражается въ простой формѣ: „упругость пара, насыщающаго пространство, въ воздухѣ и газахъ та же самая какъ въ пустотѣ“. Только изрѣдка можно встрѣтить намеки на первоначальную теорію. Такъ на стр. 312 перваго тома *Физики* Пулье (7-е изданіе, 1856 г.) читаемъ: „при изслѣдованіи смѣшенія газовъ и паровъ представляется теоретическій вопросъ значительной важности, именно вопросъ о томъ, оказываютъ-ли частицы разнородныхъ газовъ давленіе однѣ на другія; давятъ-ли, напримѣръ, частицы воздуха на частицы водянаго пара и наоборотъ. *Все, повидимому, указываетъ*, что взаимное дѣйствіе существуетъ только между частицами одного рода.... Мы увидимъ, впрочемъ, изучая распространеніе звука въ смѣсяхъ этого рода (тутъ-же прибавляетъ Пулье), что существованіе равномѣрнаго сообщенія колебательнаго движенія предполагаетъ дѣйствіе на разстояніи между всѣми частицами безъ различія“. Очевидно, что послѣднее указаніе вполнѣ разрушаетъ силу неопредѣленнаго выраженія о томъ, будто-бы *все* указываетъ на отсутствіе взаимнодѣйствія разнородныхъ частицъ.

„Съ другой стороны, Дальтоново ученіе,—приведенное въ физикѣ въ формѣ простаго выраженія явленія замѣчаемаго въ ограниченныхъ сосудахъ, гдѣ паръ образуется среди газа, — въ метеорологіи было, какъ мы уже имѣли случай замѣтить, принято во всей широтѣ и повело ко многимъ, болѣе или менѣе произвольнымъ выводамъ. Разсмотрѣніе независимой атмосферы пара сдѣлалось однимъ изъ важ-

ныхъ пунктовъ метеорологическаго ученія. Метеорологи ссылаются на законъ и теорію Дальтона, какъ на доказанные въ физикѣ, тогда какъ физики оставляютъ и тотъ и другую въ сторонѣ, ограничиваясь явленіемъ, не имѣющимъ прямаго приложенія къ вопросамъ метеорологіи. Такимъ путемъ и произошли тѣ сбивчивыя и неясныя понятія о ролѣ пара распространеннаго среди атмосферы, о которыхъ мы уже говорили. Ни одно изъ слѣдствій, выводимыхъ изъ приложенія теоріи Дальтона къ атмосферному пару, какъ мы видѣли, не оправдалось; тѣмъ не менѣе ученіе о независимой атмосферѣ пара остается общепринятымъ въ метеорологіи, такъ какъ оно кажется оправданнымъ въ физикѣ“.

III.

Вода бываетъ въ атмосферѣ не только въ формѣ пара, но въ сгущенной формѣ тумана, облаковъ, дождя, снѣга. Спрашивается какое должно произойти измѣненіе въ давленіи данной атмосферной колонны если въ ней, вслѣдствіе, напримѣръ, проникновенія холоднаго потока, быстро произошло осажденіе пара и превращеніе его изъ упругаго состоянія въ жидкое? Какими послѣдствіями для атмосфернаго давленія долженъ сопровождаться такой переходъ? Этотъ вопросъ серіозно еще не затронутъ, хотя заслуживаетъ большаго вниманія.

Если мы имѣемъ два соединенныя между собою пространства разной температуры, то, какъ извѣстно, какъ изъ болѣе теплаго дистилируется въ болѣе холодное. Не должно ли явленіе это имѣть мѣсто въ атмосферѣ изъ вверху холоднѣе чѣмъ внизу? Явленіе было бы значительно и постоянно, еслибы не было атмосферныхъ потоковъ.

Окончимъ замѣчанія наши указаніемъ на кинетическую теорію газообразныхъ тѣлъ, измѣняющую наши понятія о характерѣ и значеніи упругости и давленія газа, какъ вообще, такъ и въ случаѣ давленія барометрическаго. Теорія эта становится общепринятою и между тѣмъ какое множество соединенныхъ съ нею вопросовъ остается неразрѣшеннымъ! Мемуаровъ и трактатовъ математическаго содержанія, развивающихъ эту теорію много, но опытныхъ изслѣдованій произведенныхъ для оправданія теоріи очень мало. Меня удивляетъ, что внѣ разбора и изслѣдованія оставленъ такой важный вопросъ, какъ истеченіе газа въ пустое пространство или въ упругую среду меньшаго давленія. Такое истеченіе, особенно истеченіе въ пустоту

ближайше связано съ предполагаемою скоростію частицъ, изъ которыхъ состоитъ данная масса газа. Если газъ вытекаетъ въ пустое пространство чрезъ данное отверстіе, то частицы его, очевидно, вторгаются въ это пространство съ тою скоростію какая имъ присуща. Тотъ потокъ частицъ который былъ бы отраженъ отъ стѣнки резервуара, если бы отверстіе было закрыто. выходитъ чрезъ отверстіе, продолжая путь съ тою скоростію какую частицы эти имѣютъ. Скорость истеченія должна быть ближайше связана съ собственною скоростію частицъ. Къ сожалѣнію опытовъ съ истеченіемъ газовъ чрезвычайно мало и наиболѣе точные изъ нихъ—опыты Вейсбаха.—дѣлались при небольшихъ избыткахъ давленія.

Въ заключеніе укажу на замѣченное мною отношеніе между собственною скоростью частицъ газа, опредѣленною по кинетической теоріи, и скоростію его истеченія въ пустоту, вычисляемой по общимъ механическимъ соображеніямъ.

По общей гидродинамической теоріи, скорость U истеченія газа въ пустоту выражается формулою.

$$U^2 = 2\,g\,\frac{p}{s}$$

гдѣ $g = \overset{m}{9{,}809}$ ускореніе тяжести; p давленіе газа на единицу поверхности, s вѣсъ единицы объема газа въ данныхъ условіяхъ.

Съ другой стороны, по кинетической теоріи газовъ, собственная скорость G частицъ находится по формулѣ [1]).

$$G^2 = 3\,g\,\frac{p\,v}{q}$$

Гдѣ v разсматриваемый объемъ газа, q вѣсъ этого объема. Сл. $\frac{q}{v} = s$ вѣсъ единицы объема.

Вставивъ величину s въ формулу, получимъ

$$G^2 = 3\,\frac{g\,p}{s}$$

Сравнивая двѣ формулы, выражающія скорости U и G, видимъ, что

$$U^2 = \frac{2}{3}\,G^2$$

$$U = G\sqrt{\frac{2}{3}}$$

Чѣмъ объясняется это различіе и что̀ собственно надлежитъ разумѣть подъ скоростію газа истекающаго въ пустоту или въ среду меньшаго давленія? Удовлетворительнаго отвѣта на вопросы эти не имѣется.

[1]) Clausius, *Abhand. ü. d. Wärmetheorie* 1864. 2=Abth, 255. Verdet, *Oeuvres*, VIII, 29 (1870 г.).

Интересно, что по теоретическимъ изслѣдованіямъ Максвелла вычисляемая скорость G (соотвѣтсвующая средней энергіи частицъ) не выражаетъ дѣйствительной скорости газовыхъ частицъ: частицы имѣютъ разнообразныя скорости, но между всѣми преобладаетъ въ каждомъ данномъ случаѣ одна, *вѣроятнѣйшая*. Скорость эта W, по Максвеллу, связана со скоростью *G* формулою.

$$W^2 = \frac{2}{3}\,G^2$$

Замѣчаемъ, что $U = W$. Скорость истеченія въ пустоту равна скорости W, ближе всего представляющей собою дѣйствительную скорость частицъ.

Н. Любимовъ.

Извлечено изъ Журнала Министерства Народнаго Просвѣщенія, за 1893 г.

Типографія В. С. Балашева Екатерининскій кан., д. № 60.